Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Zweigniederlassung Hüttenwerk Bodenwöhr

101
100
115
20
Nr. 4

Grundsätze

der

Strassen-, Brücken-, Kanal- und Hafen-Baukunde;

nach den

von

M. I. Sganzin,
General-Inspektor der Strassen-, Brücken- und Seebauten, ehemaligen Professor der k. polytechnischen Schule, Offizier der Ehrenlegion und Ritter des St. Michaels-Ordens,

an

der polytechnischen Schule zu Paris gehaltenen

Vorlesungen

aus dem Französischen übersezt und mit Zusäzen versehen

von

H. F. Lehritter und G. H. Straus,
königl. bayer. Bau-Konducteuren.

In zwei Theilen, mit 13 Steindruck-Tafeln.

IV № 330

Regensburg, 1832.
Auf Kosten der Herausgeber gedruckt
bei Friedrich Pustet.

B. Berg- u. Hüttenamt Bodenwöhr

<36630101010014

<36630101010014

Bayer. Staatsbibliothek

Bayerische
Staatsbibliothek
München

M. I. SGANZIN'S

GRUNDSÄTZE.

I. Theil.

Baumaterialien - Lehre und Strassenbaukunde.

Wohnorte, Namen und Charakter der Titel Herren Subscribenten.

Amberg.

Exempl.

Herr *Gareis*, k. b. Bezirksingenieur 1
„ *Haunold*, Maurermeister 1
„ *Popp*, Maurermeister . . 1
„ *Schmid*, Maurermeister . 1

Ansbach.

Herr *Boller*, k. b. Baukondukteur 5
„ *Bürger*, Bau-Eleve . . 1
„ *Hübner*. Brunnenmeister 1
„ *Mack*, Bau-Eleve . . . 1
„ *Mähler*, v., k. b. Kreis-Ingenieur 1
„ *Meyer*, Mezgermeister . 1
„ *Ott*, k. b. Kreisbaurath . 1
K. B. Regierungs-Bibliothek . 1
Herr *Schulz*, k. b. Baukondukteur 1
„ *Schuster*, k. b. Bezirks-Ingenieur 5
„ *Seefrid*, Architekt . . 1

Aroldsen.

Herr *Lössl*, fürstlich Waldeck. Land-Baumeister 1

Aschaffenburg.

Herr *Becker*, Bau-Candidat . 1
„ *Füssel*, Ingenieur . . . 1
„ *Schuck*, Architekt . . . 1

Augsburg.

Herr *Beyschlag*, k. b. Kreisbaurath 5

Exempl.

Herr *Degmaier*, Bau-Praktikant 1
„ *Hasel*, Bau-Eleve . . . 1
„ *Jan*, v., k. b. Kreisingenieur 1
„ *Pfeiffer*, v., k. b. Kreisingenieur 1

Baireuth.

Herr *Beer*, k. b. Baukondukteur 1
„ *Burg*, k. b. Baukondukteur 1
„ *Dollhofen*, k. b. Kreisingenieur 1
„ *Gerstner*, Geometer und Zimmermeister 1
„ *Hautsch*, Bau-Praktikant 1
„ *Querfeld*, Zimmermeister 1
„ *Ritter*, Maurermeister . 1
„ *Schmidt*, k. b. Bezirksingenieur 1
„ *Wolfram*, k. b. Bezirksingenieur 1
„ *Zeitler*, Bau-Praktikant 1

Bamberg.

Herr *Panzer*, k. b. Bezirksingenieur 1
„ *Remeis*, Werkmeister . . 1
„ *Waldenfels*, Frhr. v., k. b. Baukondukteur . . . 1

Bensheim.

Herr *Opfermann*, grossh. hess. Landbaumeister 1

Exempl.

Berlin.

Herr *Cantian*, k. p. Bauinspekt. 1
„ *Crelle*, Dr., k. p. Geheim. Ober-Baurath 1
Dunker und *Humblot'sche* Buchhandlung 2
Herr *Eytelwein*, k. p. Ober-Landes-Bau-Direktor . . . 1
„ *Hesse*, k. p. Bauinspektor 1
„ *Krahmer*, k. p. Baurath 1
Stuhr'sche Buchhandlung . . 2

Biberach.

Herr *Böhinn*, k. würtemberg. Strassenbau-Insp.-Verweser 2

Bonn.

Markus'sche Buchhandlung 1

Braunschweig.

Schulbuchhandlung . . . 2

Bremen.

Herr *Blohm*, Wasserbau-Direktor 1
K. P. Obergamts-Bau-Bibliothek 1
Herr *Herrmann*, k. p. Regierungs-Baurath 1

Bruchsal.

Herr *Schwartz*, grossherzogl. badischer Landbaumeister . 1
„ *Etzel*, Maurermeister . . 1

Carlsruhe.

Herr *Gerstner*, grossh. bad. Bauingenieur 1
„ *Hof*, Ingenieur-Praktikant 1
Marx'sche Hofbuchhandlung . 1
Herr *Rochlitz*, grossherz. bad. Oberbaurath 1
„ *Weber*, Residenz-Baumstr. 1

Cassel.

Herr *Setzekorn*, churf. hess. Wasser-Bauinspektor . . 1

Exempl.

Chemnitz.

Herr *Hamann*, k. k. öst. Baukondukteur 1

Chur.

Kellenberger'sche Buchhandl. 1

Cleve.

Herr *Heermann*, k. p. Landbauinspector 1

Coblenz.

Hölscker'sche Buchhandlung . 1

Coburg.

Herr *Erva*, Frhr. v., herz. sächs. Kammerherr u.. Reg. Rath . 1

Crefeld.

Herr *Angelroth*, k. p. Baukondukteur 1
„ *Brüggerhoff*, k. p. Wegebaumeister 1

Culmbach.

K. B. Bau-Inspektion . . 5
Herr *Strelin*, k. b. Baukondukteur 1

Darmstadt.

Herr *Gladbach*, Architekt . . 5

Deggendorf.

Herr *Haeffele*, Werk- u. Wegmeister 1
„ *Montigny*, Frhr. v., k. b. Baukondukteur 1
„ *Windscheid*, k. b. Bezirksingenieur 1

Dillingen.

Herr *Weihinger*, Ingenieur-Praktikant 1

Dresden.

Arnold'sche Buchhandlung . 2
Herr *Sonntag*, Architekt . . 1

Exempl.

Düsseldorf.

Herr *Gerhard*, k. p. Unterbau-Inspektor 1
„ *König*, k. p. Ober-Weg-Inspektor 1
„ *Umpfenbach*, königl. p. Regierungs - Baurath. . . 1
„ *Wekenstall*, k. p. Ob. Weginspektor 1

Emmendingen.

Herr *Sauerbeck*, grossh. bad. Bezirksingenieur 1

Essen.

Herr *Sack*, k. p. Wegebaumstr. 1

Frankenthal.

Herr *Reichard*, Bau - Adspir. 1
„ *Riel*, Bau-Adspirant . . 1
„ *Trau*, Ingenieur - Prakt. 1

Frankfurt a. M.

Brönner'sche Buchhandlung . 1

Freyburg i. B.

Herr *Delaiti*, v., Ing.- Prakt. 1
„ *Morat*, grossh. bad. Ober-Ingenieur 1
„ *Vayhinger*, Ing. - Prakt. 1

Germersheim.

Herr *Anhaus*, k. b. Ingenieur-Hauptmann 1
„ *Dyck*, k. b. Baukondukt. 1
„ *Schnayd*, Werkmeister . 1

Giessen.

Herr *Hoffmann*, grossh. hess. Hofkammergerichtsrath . . 1

Göttingen.

Vandenhöck u. *Ruprecht'sche* Buchhandlung . . . 11

Gotha.

Herr *Kuhn*, grossh. sächs. Landbaumeister 1

Exempl.

Grünstadt.

Herr *Becker*, Bauunternehmer 1
„ *Knell*, Zeichenlehrer . . 1

Haarburg.

Herr *Blohm*, k. p. Baukondukt. 1
„ *Richter*, Bau-Eleve . . 1

Heidelberg.

Engelmann'sche Buchhandl. 1
Herr *Lorenz*, grossh. bad. Bezirksingenieur 1
„ *Pigage*, v., Architekt . 1
„ *Rekoivenzky*, Stud. Math. 1

Hildesheim.

Gerstenberg'sche Buchhandl. 1

Ingolstadt.

Herr *Adam*, Steinmetzmeister 1
„ *Aignherr*, Maurerpol. . 1
„ *Brenner*, Maurerpolier . 1
„ *Buchta*, k. b. Ingenieur-Hauptmann 1
„ *Burgatz*, Werk- u. Wegmeister 1
„ *Buz*. k. b. Ingenieur-Lieutenant 1
„ *Dobmayr*, k. b. Bezirks-Ingenieur 1
„ *Golkwitzer*, Steinhauerpol. 1
„ *Grass*, Steinmetzmeister . 1
„ *Hagens* v., Ing. Oberlieutenant 1
„ *Haifel*, Zimmermeister . 1
„ *Hildebrand*, k. b. Ingenieur-Hauptmann 1
„ *Himmelstoss*, k. b. Baukondukteur 1
„ *Hoffmann*, Requis. Auts. 1
„ *Kern*, v., k. b. Ingenieur-Major 1
„ *Klier*, k. b. Pontonier-Hauptmann 1

	Exempl.
Herr *Kürten*, k. b. Ingenieur-Hauptmann	1
„ *Lindhammer*, k. b. Pontonier-Lieutenant	1
„ *Maier*, Ingenieur-Prakt.	1
„ *Mayer*, k, b. Ingenieur-Hauptmann	1
„ *Meyer*, Maurermeister	1
„ *Oestreich*, Steinmetzmeister	1
„ *Orff*, k. b. Ingenieur-Hauptmann	1
„ *Reichling*, k. b. Ingenieur-Hauptmann	1
„ *Schenk*, k. b. Ingenieur-Kondukteur	1
„ *Streiter*, v., Genie-General	1
„ *Vittinghoff*, Frhr. v., Ingenieur-Hauptmann	1
„ *Walter*, Steinmetzmstr.	1
„ *Wassermann*, Ingenieur-Praktikant	1

Kaiserslautern.

Herr *Beyschlag*, k. b. Bezirks-Ingenieur	1
„ *Blessmann*, Ingenieur-Praktikant	1
„ *Brunk*, Gutsbesizer	1
„ *Gabriel*, Bau-Aufseher	1
„ *Günther*, v., Ingenieur-Praktikant	1
„ *Hummel*, Ingenieurprakt.	1
„ *Jung*, Ingenieur-Prakt.	1
„ *Menzel*, k. b. Baukondukt.	1
„ *Moll*, Bau-Adspirant	1
„ *Schmeisser*, Bauaufseher	1

Kempten.

Herr *Frommel*, k. b. Baukond.	1
„ *Haas*, k. b. Baukondukt.	1

Landau a. R.

Herr *Biechy*, Bau-Praktikant	2
„ *Kärner*, Ingenieur-Prakt.	1
„ *Marggraff*, k. b. Baukondukteur	1

	Exempl.
Herr *Stephan*, Bau-Adspirant	1
„ *Stöppel*, Kaufmann	1
„ *Wolff*, k. b. Bezirksingenieur	1

Landsberg.

Herr *Baraga*, k. b. Ingenieur	1

Landshuth.

Herr *Cammerloher*, Ritter v. k. b. Bezirksingenieur	1
Thomann'sche Buchhandlung	1

Leipzig.

Andrae'sche Buchhandlung	1
Fleischer'sche Buchhandlung	1

Linz.

Fink'sche Buchhandlung	1
Herr *Rosenberg*, Baron v. k. k. östr. erster Wasserbau-Commissär	1
„ *Schemerl*, Ritter v. Leythenbach, k. k. östr. Strassenbau-Inspektor	1

Lörach.

Herr *Dressler*, grossh. bad. Unteringenieur	1

Lübeck.

Rothen'sche Buchhandlung	1

Magdeburg.

Creutz'sche Buchhandlung	1

Mainz.

Herr *Benz*, Bau-Unternehmer	1
„ *Becker*, Zimmermeister	1
„ *Dilenius*, Bau-Dilettant	1
„ *Eikemayer*, grossh. hess. Baukondukteur	1
„ *Geier*, Bau-Unternehmer	1
„ *Holzapfel*, grossh. hess. Bauinspektor	1
„ *Kall*, Wege-Aufseher	1
„ *Landler*, Steinmetzmeister	1

Exempl.

Herr *Meyer*, Bau - Aufseher . 1
" *Rauch*, Wege - Aufseher 1
" *Ritter*, grossh. hess. Ob. Bau. Dir. Accessist . . . 1
" *Rödler*, Architekt . . . 1
" *Schneider*, grossh. hess. Landbaumeister 1
" *Sieglitz*, Bau-Unternehmer 1
Stenz'sche Buchhandlung . . 1
Herr *Strotemayer*, Zimmerm. 1
Herr *Usinger*, Maurermeister . 1
" *Weiss*, Zimmermeister . 1
" *Wetter*, Architekt. . 1

Mannheim.

Herr *Dickerhof*, grossh. bad. Hof-Bauinspektor 1
" *Eisenlohr*, Prof. d. Math. 1
" *Häffel*, Maurermeister . 1
" *Pozzi*, Prof. u. Bildhauer 1
" *Schmitt*, Maurermeister 1
" *Vieth*, Zimmermeister . 1

Meissen.

Herr *Sergel*, k. sächs. Wasserbaukondukteur 1

München.

Herr Albert, k. b. Baukondukteur 1
" *Balzer*, Bau - Adspirant . . 1
" *Bell*, Bau - Adspirant . . 1
" *Bösner*, Ingenieur-Praktik. 1
" *Burklein*, Bau - Adspirant 1
" *Kubi*, Bau - Adspirant . . 1
" *Ellersdorfer*, k. b. Ober-Baurath 1
" *Ellrot*, Bau - Adspirant . 1
" *Faber*, Bau - Adspirant . 1
" *Fetsch*, Bau-Adspirant . 1
Finsterlinsche Buchhandlung 1
Herr *Flessa*, Bau - Adspirant 1
" *Gärtner*, k. b. Professor der Architektur an der Akademie der bild. Künste . . 1
" *Genzel*, Bau - Adspirant . 1
" *Herrmann*, k. b. Hofbau-Kondukteur 1

Exempl.

Herr *Hertter*, Bau-Adspirant 1
" *Hoffmann*, Bau-Adspirant 1
" *Hundt*, Bau-Adspirant . 1
" *Jeüch*, Architekt . . . 1
" *Joachim*, Bau-Adspirant 1
" *Klenze*, v., k. b. Geheimerath, Hofbau - Intendant und Vorstand der Obersten Baubehörde. 1
" *Klumpp*, Bau-Adspirant . 1
" *Kobell*, v., Ingenieur-Prakt. 1
" *Köhler*, Bau-Adspirant . 1
" *Köppel*, Bau-Adspirant . 1
" *Krämer*, Bau-Adspirant . 1
" *Kramer*, v., Bau - Adspir. 1
" *Kreppel*, Ingenieur-Prakt. 1
" *Kuffner*, Bau - Adspirant 1
" *Lavalle*, Bau - Adspirant 1
Lokal - Bau - Commission, städtis. 5
Herr L*unglmayer* k. b. Ingen. 1
" *Mack*, Bau-Adspirant. . 1
" *Martin*, k. b. Ober - Baur. 1
" *Merckel*, Architekt . . 1
" *Miller*, k. b. Ingenieur . 1
" *Mösner*, Bau - Adspirant 1
" *Muffart*, städt. Baurath 1
" *Mühe*, Architekt 1
" *Müller*, Ingenieur-Praktik. 1
" *Nüzel*, Bau-Adspirant . . 1
" *Panzer*, k. b. Kr. Baurath 1
" *Pechmann*, Freih. v., k. b. Ober - Baurath 1
" *Pertsch*, k. b. Ober - Bau-Rath 1
" *Rattinger*, k. b. Kreis-Ingenieur 1
" *Raunecker*, Bau-Adspir. 1
" *Reichlin - Meldegg*, v. Bau-Adspirant 1
" *Riedel*, v. k. b. Ober-Baurath 1
" *Riedel*, Bau - Adspirant . 1
" *Sagstädter*, Bau - Adsp. 1
" *Satter*, Bau-Adspirant . 1
" *Shlichtegroll*, v., k. b. Ober - Baurath 1
" *Schmidt*, v., Bau-Adspir. 1
" *Schwarz*, Architekt . . 1

Exempl.

Herr *Sicherer*, v., *Architekt* 1
„ *Solger*, v., Architekt . . 1
„ *Speckner*, v., Architekt 1
„ *Stengel*, Freih. v. Archit. 1
„ *Stuckart*, Bau-Adspirant 1
„ *Unger*, k. b. Ingenieur 1
„ *Vogel*, Bau-Adspirant . 1
„ *Weinkauf*, Bau-Adsp. 1
„ *Wernigk*, Bau-Adspir. . 1
„ *Westermayer*, Architekt 1
„ *Ziebland*, k. b. Baukond. 1

Münnerstadt.

Herr *Büttner*, k. b. Baukond. 1
„ *Donle*, k. b. Bezirksingen. 1

Neuburg a. d. D.

Herr *Grundner*, k. b. Bezirks-Ingenieur 1
„ *Krämer*, k. b. Baukondukt. 1

Neuöttingen.

Herr *Kramer*, v., k. b. Bezirksing. 1
„ *Hartmann*, k. b. Baukond. 1

Neuss.

Herr *Wesermann*, k. p. Bauinsp. 1

Nördlingen.

Beck'sche Buchhandlung . . 1

Nürnberg.

Herr *l'Allemand*, k. b. Baukond. 1
„ *Erdinger*, k. b. Bezirks-Ingenieur 1
„ *Löffelholz*, v. Adspirant 1
„ *Popp*, k. b. Baukondukt. 1
„ *Preu*, Bau-Adspirant . . 1
„ *Querfeld*, Bau-Adspirant 1
„ *Schneider*, Bau-Adspir. 1

Offenburg.

Herr *Baumgärtner*, gross. bad. Unteringenieur . . . 1
„ *Lienin*, gross. bad. Bezirks-Ingenieur. 1
„ *Ruth*, Ingenieur-Eleve . 1

Exempl.

Oldenburg.

Schulze'sche Buchhandlung . 1

Oppenheim.

Herr *Beer*, grossh. hess. Wasserbaumeister 1

Passau.

Herr *Purreiner*, k. b. Baukond. 1
K. B. Regierungs-Bau-Bureau 1
Herr *Vogel*, Bau-Praktikant . 1

Pfeddersheim.

Herr *Möllinger*, Gutsbesizer 1

Pesth.

Hartleben'sche Buchhandlung 1
Kilian'sche Buchhandlung . . 2

Prag.

Calve'sche Buchhandlung . . 2
Herr *Czechtitzki*, Bau-Prakt. 1
Dirnboeck'sche Buchhandlung 1
Herr *Kottmann*, k. k. österr. Ingenieur 1
„ *Kügler*, Bau-Praktikant . 1
Herr *Nodin*, Zeichner . . . 1
„ *Pachel*, Bau-Praktikaet . 1
„ *Stracka*, Bau-Praktikant 1
„ *Trautmannsdorf*, Gr. v. 1
„ *Wenka*, Bau-Praktikant 1
Widtmann'sche Buch-, Kunst- u. Musikalien-Handlung . 2

Pressburg.

Wiegand'sche Buchhandlung 4

Rastadt.

Herr *Rauh*, grossh. bad. Bezirksingenieur 2

Regensburg.

Herr *Beuschel*, Ingenieurprakt. 1
„ *Frank*, k. b. Civil-Bau-Inspektor 1
„ *Horn*, Bau-Adspirant . . 1
„ *Kohler*, Ingenieur-Prakt. 1

Exempl.

Herr *Lebschée*, Ingenieur Prakt. 1
„ *Mottes*, Bau-Adspirant 1
„ *Nadler*, k. b. Bezirksing. 2
„ *Neumüller*, Bau-Adspir. 1
Pustet'sche Buchhandlung . 1
K. B. Regierungs-Bau-Bureau . 1
Herr *Sutor*, v., k. b. Kreising. 1
„ *Thon-Dittmer*, *G.* Frh. v. 1
„ *Zerzog*, v., Gutsbesitzer 1
„ *Ziegler*, Wegmeister . . 1

Reichenhall.

Herr *Bischof*, k. b. Sal. Baukond. 1
„ *Förtsch*, Sal. Baukond. . 1
„ *Leimbach*, Ingen.-Prakt.
„ *Pauli*, k. b. Bezirks-Ing. 1

Rheinbischofsheim.

Herr *Embst*, Ingenieur-Prakt. 1
„ *Fischer*, Ingenieur-Eleve. 1
„ *Funke*, grossh. bad. Bezirks-Ingenieur 1

Rhyd.

Herr *Lentze*, k. pr. Baukondukt. 1

Rosenheim.

Herr *Ruland*, k. b. Baukondukt. 1

Rostock.

Herr *Benkert*, Polizei-Direktor. 1

Rudolstadt.

Hofbuchhandlung 1

Salzburg.

Herr *Gehmacher*, k. k. östr. Ingenieur 5
K. K. Östr. Stassenbau-Commissariat 5

Schweinfurth.

Herr *Reuter*, Bau-Praktikant. 1
„ *Schönauer*, Werkmeister. 1

Siegmaringen.

Herr *Növel*, v., Oberist à la suit 1

Exempl.

Speyer.

Bau-Gewerk-Schule, städtische. 1
Herr *Bernatz*, Baumeister. . 2
„ *Bleichrodt*. Zimmermeist. 1
„ *Ernst*, k. b. Baukondukt. 1
„ *Foltz*, Bau-Praktikant . 1
„ *Geblauer*, *P.* Maurermeist. 1
„ *Geblauer*, *S.* Maurermeist. 1
„ *Hilgard*, Bau-Adspirant. 1
„ *Lautz*, Geometer . . . 1
„ *Lichtenberger*, Kaufm. 1
K. Lyceum-Bibliothek 1
Herr *Neidhardt*, k. b. Kreisbaur. 1
„ *Prilmayer*, v., k. b. Bau-Konduktenr 2
K. b. Regierungs-Baubureau . 1
K. b. Regierungs-Forstbureau . 1
Herr *Reichling*, Bau-Praktik. 1
„ *Schilly*, Zimmermeister . 1
„ *Schwarzenberger*, Bau-Praktikant 1
„ *Schwerd*, k. b. Lyc.-Prof. 1
„ *Spatz*, k. b. Bezirks-Ing. 1
„ *Sturm*, k. b. Revisor . 1
„ *Voit*, k. b. Civil-Bauinsp . 1

Stade.

Herr *Blohm*, k. p. Baukondukt. 1

Stralsund.

Trinius'sche Buchhandlung . 1

Straubing.

Herr *Lacher*, k. b. Bezirks-Ing. 1

Stockach.

Herr *Fischer*, gr. bad. Bezirks-Ingenieur 1

Stuttgart.

Herr *Hauser*, Architekt . . . 1
Landwirthschaftlicher Verein . 1

Tübingen.

Herr *Gaab*, k. W. Strassenbauinsp. 1
K. W. Universität-Bibliothek . 1

Exempl.

Ulm.

Herr *Bühler*, k. W. Baurath . 1
„ *Dietsch*, k. W. Strasenb.
„ Insp. Verweser 1
Ebner'sche Buchhandlung . . 2
Herr *Möhrlin*, Architekt . . 1

Waldshuth.

Herr *Durban*, gross. bad. Bezirks-Ingenieur 1

Warschau.

Brzezina'sche Buchhandlung 2

Weimar.

Hoffmann'sche Buchhandlung 1

Wesel.

Klönne'sche Buchhandlung . 2
Herr *Sauer*, k. p. Unter-Bauinsp. 1

Wien.

Herr *Adam*, Rechnungsrath des 1
k. k. Hof-Bau-Rathes . . 5
„ *Dobsch*, k. k. H. B. R. Beamt. 5
„ *Eiselt*, k. k. H B. R. Offiz. 1
Gerold'sche Buchhandlung . 12
Herr *Gollinger*, Akademiker . 1
„ *Jüngling*, k. k. Hof. B. 1
Rths. Ingrossist 1
„ *Lösse*, Architekt . . . 1
„ *Margni*, Rechnungsrath des k. k. Hof-Bau-Rathes 5
„ *Nobile*, k. k. Hof-Bau-Rath 1
„ *Nowotny*, k. k. H B. R. Offiz. 1
„ *Öscher*, k. k. H. B. Rath 5
K. K. politechnisches Institut . 1
Herr *Ram*, Akademiker . . . 1
„ *Reider*, k. k. H. B. R. Offi. 1
„ *Reiser*, Akademiker . . 1
„ *Schemerl*, Ritter v. Leythenbach, k. k. Hof. Bau-Raths 1
Direktor 1
„ *Schuster*, Akademiker . 1

Exempl.

Herr *Sprenger*, k. k. Professor 1
Tendler'sche Buchhandlung . 2
Herr *Waggner*, absolv. Technik. 1

Wiesbaden.

Herr *Götz*, Architekt 1
„ *Loser*, herz. Nass. Bauinsp. 1

Worms.

Herr *Blattner*, Baumeister . 1
„ *Engel*, Baumeister . . . 1
„ *Geilfuss*, gr. hess. Wasserbauinspektor 1
„ *Häfener*, Geometer . . 1
„ *Lohfink*, Mauerermeister 1
„ *Stephan*, Bau-Unterneh. 1

Wunsiedel.

Herr *Ritter*, ... 1

Würzburg.

Herr *Daug*, k. b. Baukondukt. 1
„ *Fortenbach*, Bau-Prakt. 1
„ *Fux*, k. b. Baukondukteur 1
„ *Haider*, k. b. Kreisingen. 1
„ *Mager*, k. b. Ingen. Oberlt. 1
„ *Negele*, Brunnenmeister . 1
„ *Reis*, Bauaufseher . . . 1
„ *Schäffer*, k. b. Forstkom. 1
„ *Schierlinger*, k. b. Bezirksingenieur 1
Stahel'sche Buchhandlung . . 1

Zitau.

Schopp'sche Buch- u. Kunsth. 1

Züruch.

Herr *Schultes*, Architekt . . 1

Zweibrücken.

Herr *Bürmann*, Bau-Adspirant 1
„ *Dambrun*, Bau-Adspirant 1
„ *Denis*, b. b. Bezirksingen. 1
„ *Eickemayer*, k. b. Bau. Kondukteur 1

Vorwort zur Übersezung.

Wenn gleich die Übersezung eines technischen Werkes bekanntlich nicht zu den dankbarsten Arbeiten gehört, so hoffen wir doch durch die Übertragung der vorliegenden Schrift um so mehr den Dank Derjenigen zu verdienen, welche der französischen Sprache nicht mächtig sind, als dieses Buch, wahrscheinlich seines wenig versprechenden Titels wegen, im grösseren Theile Deutschlands gar nicht gekannt zu seyn scheint, während es doch schon seit mehr als zwei Jahrzehnten in Frankreich und am Rheine fast ausschliesslich das Hand - und Hülfsbuch der Ingenieure ist.

Dasselbe enthält in gedrängter Kürze die wichtigsten Lehren der Strassen - Brücken -, Kanal - und Hafen-Baukunde, vollständig genug, um den Bau-Eleven, für die es eigentlich bestimmt ist, nicht nur klare Begriffe von den dahin gehörigen Gegenständen beizubringen, sondern auch sie in den Stand zu sezen, ein Projekt über einen beliebigen Bau solcher Art auszuarbeiten. Dabei sind im Vortrage Theorie und Praxis so glücklich mit einander verbunden, dass keine Schrift mehr als diese mit Recht einem angehenden Baubeamten empfohlen werden dürfte, da sie ihn einerseits von der schwindelnden Höhe zurückhält, auf welcher ein spekulative, in der Ausführung meistens Schaden stiftende Theorien führen, andererseits aber auch ihn vor jener, leider nur zu häufigen Seichtigkeit bewahrt, welche das Studium rein praktischer Schriften gewöhnlich zur Folge hat.

Die erste Abtheilung des Originals dieses Werkes, welche die Lehre von den Baumaterialien enthält, hat nur wenig allgemeines Interesse und ist fast nur für Paris und dessen Umgebung berechnet; von den natürlichen Steinen insbesondere handelt dieselbe in allzugedrängter Kürze; unter den, beim Bauen in Anwendung kommenden Hölzern ist, mit Übergehung aller übrigen, nur von den Eichen die Rede: desshalb glaubte man, einzelne Vorlesungen dieser Abtheilung

gänzlich umarbeiten und die übrigen mit vervollständigenden Noten versehen zu müssen.

Die Noten, welche den übrigen drei Abtheilungen beigefügt wurden, sollen, da sie vorzüglich einfache, theoretische Entwickelungen enthalten, und der nächsten Bestimmung des Werkes angemessen zu seyn scheinen, mehr anregen als belehren.

Die über den Bau der Eisenbahnen, der grösseren hölzernen und eisernen Brücken, — unter denen die Bogenhängwerksbrücken und die Ketten-Brücken besonders beachtet wurden, — eingeschalteten Vorlesungen tragen wohl zur Vervollständigung des Ganzen bei und wir glauben somit, sowohl hiedurch, als durch die Hinzufügung der am Ende eines jeden Theiles befindlichen, in der Praxis sehr brauchbaren Tabellen, ein für Ingenieure und die es werden wollen nüzliches Handbuch geliefert zu haben.

Wir bemühten uns, das Original so treu als möglich zu verdeutschen, ohne uns jedoch durch das Eigenthümliche der französischen Konstruktionen fesseln zu lassen. Wohlunterrichtete, im Bauwesen erfahrene Männer haben uns hiebei sowohl in dieser Beziehung als insbesondere bei Ausarbeitung der ein-

geschalteten Vorlesungen wohlwollend mit ihrem Rathe unterstüzt und wir fühlen uns verpflichtet, Denselben hiemit öffentlich dafür unseren Dank auszudrücken.

Das Bedürfniss einer technischen Terminologie, in der Vollständigkeit, wie sie bereits die französische Schule besizt, fühlten wir in hohem Grade; desshalb müssen wir wegen einiger gewagten Verdeutschungen insbesondere die Nachsicht der Techniker in Anspruch nehmen.

Berichtigungen und belehrende Kritik sind uns willkommen; mit Dank werden wir jede Mittheilung dieser Art aufnehmen.

Regensburg, im Mai 1832.

Die Herausgeber.

I. Abtheilung.

BAUMATERIALIEN.

I. Vorlesung.

Einleitung. — Eintheilung der Baumaterialien. — Mineralische, nicht metallische Baumaterialien.

Die Baumaterialien, als die wesentlichen Elemente der Gebäude betrachtet, lassen zweierlei Arten von Untersuchungen zu:

1) die Prüfung ihrer wesentlichen Bestandtheile und ihrer Eigenschaften,

2) jene ihrer Anwendung.

Unter den Baumaterialien unterscheidet man hauptsächlich:

mineralische { nicht metallische,
metallische,

vegetabilische. [1]

[1] Sganzin giebt folgende Eintheilung der Baumaterialien: natürliche, künstliche Steine, Kalk, Sand, Hölzer und Metalle.

Diese Eintheilungsweise ist wissenschaftlich nicht begründet, deshalb wurde an ihre Stelle die oben angegebene gesezt, und nach ihr wurden die Baumaterialien untersucht. Dis machte zugleich nöthig, in der Anordnung der Vorlesungen einige Änderungen eintreten zu lassen, wobei jedoch der

Mineralische, nicht metallische Baumaterialien.

Die Baumaterialien, welche das Mineralreich liefert, sind das Resultat des Gemenges elementarer Erden, die rein oder mit anderen Stoffen gemischt vorkommen. Sie bilden eine weitläufige Nomenclatur.

Die Naturforscher, welche die Klassifikation der natürlichen Steine aufgestellt haben, schlugen nicht alle denselben Weg ein.

Einige haben als Grundlage für die Klassifikation die sichtbaren oder physischen Eigenschaften angenommen.

Andere haben die Steine nach der natürlichen Agregatform ihrer wesentlichen Bestandtheile geordnet; dis ist das System des berühmten Naturforschers Hauy.

Endlich haben einige Naturforscher, an deren Spize Cronstedt zu stellen ist, die Steine nach ihrer chemischen Zusammensezung gereiht.

Wir werden jener Methode folgen, welche die Gesteine an ihren äusseren Merkmalen erkennen lehrt, das Wissenwertheste über die chemischen Eigenschaften derselben beifügen, und zugleich ihre Anwendung bei dem Bauen zeigen. [2])

Zweck: — eine Übersezung des, auch in der ersten Abtheilung sehr brauchbaren Sganzin'schen Werkes zu liefern, — nicht aus dem Auge verloren wurde. Statt einer gänzlichen Umarbeitung der ersten Abtheilung beschränkte man sich darauf, in den ersten Vorlesungen die mineralischen, nicht metallischen Baumaterialien auf eine Weise zu klassificiren, die zwar wesentlich von der verschieden ist, die Sganzin angenommen, die aber als die angemessenere in Beziehung auf Bauwissenschaft erschien. Hierüber das Nähere im Folgenden.

[2]) Sganzin hält die Klassifikation der Steine nach ihren chemischen Zusammensezungen für die der Baukunst geeignetste und theilt hienach die Steine ein, in: 1. thonige; — 2. kalkige; — 3. gypsige: — 4. kieselige; — 5. gemengte Gesteine.

Die mit 2 und 3 bezeichneten Gesteine bilden aber, streng genommen, nur eine Klasse, die wieder in zwei Arten zerfällt, nemlich in die der kohlensauer-kalkigen und in die der schwefelsauer-kalkigen Steine; ferner ist dabei der talkigen Steine gar nicht erwähnt.

Hiernach ergiebt sich folgende Eintheilung:

1. talkige; — 2. thonige; — 3. kieselige; — 4. a. kohlensauer- b. schwefelsauer-kalkige; — 5. gemengte Gesteine.

Da die Kenntniss der manichfachen Gesteine (Felsarten), welche die Natur dem Ingenieur zur Verwendung beim Bauen bietet, für diesen ohne Zweifel von höherem Interesse ist, als jene der einzelnen Fossilien, wie sie die Mi-

Allgemeine Kennzeichen der Mineralien.

Die Kennzeichen der Mineralien theilen sich in physische und in chemische.

Physische Kennzeichen der Mineralien.

Unter den physischen Kennzeichen unterscheidet man:

Die Gestalt. Sie ist eines der wichtigsten Attribute aller Körper. Sind diese von bestimmten Winkeln und Flächen eingeschlossen, so wird sie Krystallgestalt, und die Körper, welche sie annehmen, werden Krystalle genannt. Alle Mineralien würden krystallisirt seyn, wenn die hiezu erforderlichen Bedingungen und Umstände vorhanden gewesen wären.

Vollkommen gebildete Mineralien erscheinen als deutliche Krystalle. Mehrere kleine Krystalle, in Haufwerken zusammen-

neralogie nach Klassen, Geschlechtern und Arten geordnet, beschreibt, so verdient eine charakteristische Bezeichnung der Felsarten wohl den Vorzug vor jeder anderen Klassifikations-Methode; denn wenn es gleich von Wichtigkeit ist, die chemischen Eigenschaften der Gesteine zu kennen, um sie mit Vortheil beim Bauen zu gebrauchen, so ist es doch nicht minder wichtig, mit jenen Merkmalen vertraut zu seyn, nach welchen sich jedes Gebirgs-Gestein, als solches, von allen übrigen unterscheidet.

Die Anwendung der Chemie beschränkt sich mehr auf die Eigenschaften der einzelnen, mehr oder minder wesentlichen Gemengtheile der Felsarten; der ersteren sind aber, im Verhältnisse zu den leztern, nur wenige nnd so scheint es denn am zweckgemässesten zu seyn, zuerst diese einzelnen Gemengtheile nach ihren physischen und chemischen Kennzeichen vorzuführen, daran die Erklärung der geognostischen Formen zu knüpfen und dann erst die Charakteristik der Felsarten folgen zu lassen.

Dis ist die Eintheilungsweise, welche der nachstehenden Beschreibung der mineralischen, nicht metallischen Baumaterialien zu Grunde liegt.

Die Schriften, welche wir benuzt haben, sind: Vorlesungen über Mineralogie von dem Hrn. Hofrath und Prof. Fuchs in München; — Charakteristik der Felsarten, von Hrn. Hofrath und Prof. v. Leonhard in Heidelberg: (Heidelberg b. Engelmann, 1824); — Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, u. s. w. von Hrn. Prof. Accum in Berlin: (Berlin, b. Reimer, 1826); — endlich: Anleitung zur Kenntniss der wichtigsten natürlichen Bausteine u. s. w. von Hrn. Direktor Klöden, (in des Hrn. geh. Ober-Baurathes Crelle Journal für Baukunst, 3. Bd. 3. u. 4. Hft, u. 4. Band, 1 — 3. Heft.) —

geordnet, mit Spuren glänzender Krystallflächen, bilden krystallinische, verworren unter und übereinander liegende aber, dichte Massen. In compakten Massen lässt sich keine Krystallisation unterscheiden. Die Theile der erdigen Mineralien lassen sich nach jeder Richtung leicht trennen, im lockeren Zustande der ersteren erscheinen die lezteren als pulverige Massen. Die äussere Gestalt ist bei den, in den zulezt bezeichneten Zuständen vorkommenden Mineralien bloss zufällig. Es giebt ferner nachahmende, fremdartige Bruch-Gestalten. Äusserlich ganz unförmliche Massen werden derbe Massen genannt. [3])

[3]) Bei den Krystallen kommen in Betrachtung: ihre Flächen, Kanten und Ecken. Sie werden sämmtlich in gleich- und ungleichartige getheilt. Von dem Mittelpunkte des Krystalles stehen alle gleichartigen Theile gleichweit ab. Die von diesem Punkte aus durch die Mitte der Flächen und Kanten und in die Ecke gezogenen Linien heissen Achsen. Aus der Neigung und Lage der Flächen gegen diese Linien geht die Verschiedenheit der Krystalle hervor.

Ungeachtet der grossen Manchfaltigkeit der Krystallformen lassen sich dieselben doch auf einige Hauptformen, Stammformen, zurück führen; sie sind: der Würfel, das Oktaeder, das Tetraeder, das Rhombendodekaeder, der Granatdodekaeder, das Trapezoeder, (mehrachsige Stammformen); — das Rhomboeder, die Pyramide, das Prisma (einachsige Stammf.). Die Veränderungen und Übergänge dieser selten vollkommen ausgebildet erscheinenden Hauptformen entspringen: aus der Abstumpfung, (gerade und schiefe Abstumpfung); aus der Zuschärfung, (gerade, und schief aufgesezte Zuschärfung mit der ihr zugehörigen Zuschärfungskante); aus der Zuspizung. — Diese Veränderungen sind oft selbst wieder Veränderungen unterworfen (mehrfache Veränderungen) und machen dann die Bestimmung der Hauptform schwierig. — Einem, durch alle Gestalten der Mineralien durchgreifenden Geseze der Symetrie zu Folge aber wiederholt sich jede an einem Theile der Hauptform vorgehende Veränderung in der Regel an allen gleichen Theilen zugleich und in derselben Lage. — (Krystall-Übergänge).
Der unter den verschiedenen Formen Statt habende merkwürdige Zusammenhang wird Krystall-System genannt und lässt sich in sechs Hauptgruppen abtheilen.

1. Krystallsystem; Würfel-, Tassular- oder sphäroïdisches System. — Stammform: der Würfel, das Oktaeder, Tetraeder, Rhombendodekaeder und Trapezoeder.

2. Krystallsystem; rhomboedrisches oder Hexagenal-System. Dahin gehörige Gestalten: die Rhomboeder jeder Art, die regelmässigen, ungleichen und sechsseitigen Pyramiden, das regelmässige, das sechs- und zwölfseitige Prisma, so wie alle daraus ableitbaren Formen.

Das spezifische Gewicht. Bei Mineralien einer Species bleibt das spezifische Gewicht sich im Allgemeinen gleich und bei der Untersuchung thut man, um ein ganz sicheres Resultat zu erlangen, wohl, die höchste Angabe für die beste anzunehmen, weil ganz vollkommene Mineralien selten sind.

3. Krystallsystem; System der Quadratpyramide. — Es gehören dahin: das quadratische Prisma, die Quadrat-Pyramide, mit einigen abgeleiteten Formen, ebenso die ungleichschenklige, achtseitige Pyramide.

4. Krystallsystem; System der Rhombenpyramide. — Seine Hauptformen sind: die Rhomben, die rectanguläre Pyramide, das rhombische und rectanguläre Prisma.

5. Krystallsystem; System der schiefen, rhomb. Prismen. — Es begreift das schiefe rhomb. Prisma, das schiefe, rectanguläre Prisma, die Rhomboidal-Pyramide.

6. Krystallsystem. System des schiefen rhom. Prisma, als Hauptkörper

Jene Kraft, welche die äussere Gestalt der Krystalle bildet, bringt auch durch die ganze Masse des Körpers wirkend, jene innere mit der äusseren Form in Einklang stehende Anordnung der Theile hervor, die Struktur, Gefüge genannt, und bei vielen krystallinischen Massen durch mechanische Theilung derselben wahrgenommen wird. Die Art dieser Theilung heisst Spaltung; die dabei zum Vorschein kommenden Flächen heissen Spaltungsflächen; die bestimmten Richtungen nach welchen ein Mineral sich spalten lässt, werden Durchgänge der Blätter, die daraus entstehenden regelmässig gebildeten Körper Spaltungsformen, primitive Formen, Krystallkerne genannt. Sie erscheinen nicht bei allen krystallinisch gebildeten Körpern völlig deutlich, auch sind sie weit minder vielfältig als die äussere Krystallgestalt. Der Blätter-Durchgang, die Spaltbarkeit zeigen sich bald mehr bald minder vollkommen; beide dienen in solchen Fällen als wichtige Kennzeichen, wo entweder die äussere Form mangelt, oder schwer bestimmbar ist.

Die selten vollkommen ausgebildet erscheinenden Krystalle werden zuweilen durch Verwachsenseyn mehrerer mit einander entstellt. Dis Verwachsen bildet verschiedenartige Gruppen.

Die Flächen, statt eben und glatt zu seyn, erscheinen öfter gekrümmt, gestreift, nezförmig, federartig, drusig, matt, rauh u. s. w.

Die meisten Krystalle sind ganz klein, oft mit dem unbewaffneten Auge nicht wahrnehmbar, doch erreichen auch einige eine Grösse von $2^1/_2$ Fuss. — Pyramidenförmige, sehr spizig auslaufende, kaum $^1/_4$ Linie breite Krystalle heissen nadelförmige, und wenn sie noch dünner sind, haarförmige Krystalle.

Die Winkel werden, wo es nöthig ist, durch geometrische Winkelmesser bestimmt.

Eine krystallinische Masse, deren blättriges Gefüge so gross ist, als das Mineral selbst, heisst einfach. In Hinsicht auf Dimensions-Verhältnisse unterscheidet man gross-, grob-, klein- und feinkörnige; faserige-, schaalige Massen. Oft sind mehrerer dieser Arten von Massen in einem Kry-

Der Zusammenhang der Mineralien. Er ist jene Kraft, welche die Theile der Körper verbindet und durch welche diese der Trennung widerstehen. Man unterscheidet drei Arten des Zusammenhanges: die Härte, Verschiebbarkeit und die Sprödigkeit.

Die Härte, als derjenige Widerstand, den ein Mineral einem, in dasselbe eindringenden, spizigen oder scharfen Körper entge-

stalle verbunden. Die Theile sind bald locker, bald sehr stark mit einander verwachsen (verbunden); ihre Trennung heisst Absonderung.

Die dichten Massen sind als Haufwerke von unendlich vielen, verwornen durch- und in einander gelegten Krystallen zu betrachten. Ihr Bruch ist fein oder grob, die Fläche desselben rauh oder glatt. Diese nicht immer stetigen Massen sind öfter aus sternförmigen, stenglichen oder schaaligen Theilen zusammengesezt. Dichte, nach einer Richtung in schaalige Theile trennbare Massen sind schieferig und zeigen oft Krystallisation.

Die erdigen Massen sind nach den verschiedenen Graden der Adhäsion bald zusammengebacken, bald locker, bald schaumartig, lassen sich zerreiben, und erscheinen öfters als staubartiges Pulver; ihre Theile sind fein- oder grobartig, und besizen bisweilen einigen Glanz. Einigen dieser Massen ist die Form ihrer Erscheinung ursprünglich eigen, bei andern ist sie das Resultat der Zerstörung oder Verwitterung anderer Mineralien.

Der Bruch, wesentlich verschieden von der Spaltung, ist die, nach ganz unbestimmter Richtung vorgenommene Theilung eines Minerals. Zeigt die Fläche des Bruches blattrunde Erhöhungen und Vertiefungen, so heisst er, wenn jene concentrisch sind, vollkommen, — ausserdem unvollkommen muschelig; — der ebene Bruch ist gerade fortlaufend. Bei dem unebenen Bruche zeigen sich auf der Fläche eckige Erhöhungen; der schieferige Bruch zeigt kleine keilförmige, bald losgerissene Theile. Die Flächen des bald grob-, bald feinerdigen Bruches erscheinen glanzlos, wie mit Staub überdeckt; jene des hackigen Bruches sind mit kleinen, krummen, spizigen Theilen übersät.

In Beziehung auf die Gestalt der nicht krystallisirten Massen ist folgendes zu bemerken. Man nennt ein Mineral, welches mehr als einen halben Zoll zur Länge, Breite und Dicke hat, derb. Von dieser Grösse aufwärts giebt es keine Gränzen. Ein, einem anderen Mineral in Körnern eingewachsenes heisst eingesprengt. Ein Korn von der Grösse einer Haselnuss bis zu der einer Erbse heisst gross; von der Grösse einer Erbse bis zu jener des Hanfkornes grob; vom Hanfkorn bis zum Hiersekorn, klein; unter der Grösse des lezteren aber fein. Gestalten, welche Ähnlichkeit mit andern haben, heissen nachahmende, sie sind kugelich, nieren-, traubenförmig, u. s. w. Fremdartige, von andern Körpern entlehnte Gestalten sind die Afterkrystalle und die Versteinerungen, (Nachbildungen organischer Körper.) Die durch Überziehung anderer, durch Auflösung weggeschaffter Körper, oder durch Luftblasen gebildeten leeren Räume, welche die derben Massen bald von deren Oberfläche nach Innen, bald ganz, bald nur im Innern durchziehen, sind zellig, blasig, löcherig.

gen sezt, hat verschiedene Grade, die durch Zahlen oder durch gewisse Mineralien bezeichnet werden.[4])

Die, immer nur relative Härte wird wahrgenommen durch Rizen eines Minerals mit einem anderen, oder mit Glas, durch Schaben mit dem Messer, durch Anschlagen mit dem Stahle, durch die Feile.

Verschiebbare Theile können wohl durch mechanische Einwirkung aus ihrer Lage, nicht aber aus ihrem Zusammenhange gebracht werden.

Sie sind geschmeidig, wenn sie dem Schlage des Hammers nachgeben; biegsam, wenn sie, in dünnen Stücken, sich krümmen lassen, (elastisch und nichtelastisch.)

Bei spröden Körpern können die Theile derselben nur durch Aufhebung ihres Zusammenhanges aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht werden.

Das Verhältniss der Mineralien zum Lichte. Ein sehr wichtiges Kennzeichen der Mineralien ist ihre Farbe; sie ist für gewisse Mineralien characteristisch, bei anderen blos zufällig.

Man unterscheidet Haupt- und Nebenfarben und erstere wieder in metallische oder in solche die dis nicht sind.[5])

Die Intensität der Farben hat verschiedene Grade.

[4]) Sie sind nach Mohs, folgende:

1) Sehr weich, — Talk-Gyps;
2) Weich, — Steinsalz;
3) Halbhart, im geringen Grade, — Kalkstein;
4) » im mittleren Grade, — Flusspath;
5) » im hohen Grade, — Apatit, Glas;
6) Hart im geringen Grade, — Feldspath;
7) » » mittleren Grade, — Quarz;
8) » » hohen Grade, — Topas;
9) ungemein hart, — Korund;
10) überaus hart, — Diamant.

[5]) Metallische Farben, welche solchen Mineralien, die Metallglanz haben, stets wesentlich angehören, sind: Silberweiss, Zinnweis, Bleigrau, Stahlgrau, Eisenschwarz, Kupferroth u. s. w. Nicht metallische Farben sind: Weiss, Grau, Schwarz, Blau, Grün, Gelb, Roth und Braun.

In des k. k. östr. Ingenieur-Hauptmanns Hrn. G. Weiss Lehrbuch der Baukunst etc. Wien 1820. I. Band. sind auf der Tabelle Nr. IV diese Farben mit ihren Abstufungen aufgezählt, weshalb wir darauf verweisen.

Ferner sind zu beachten: die Farbe des Pulvers und des Striches, das Farbenspiel, die Veränderungen der Farben, endlich der Glanz. [6])

Die Durchsichtigkeit und doppelte Strahlenbrechung. Je nach dem Grade als ein Mineral dem Lichte den Durchgang verstattet, heisst es: durchsichtig, halbdurchsichtig, an den Kanten durchscheinend, undurchsichtig. Die Durchsichtigkeit ist nur für die Metalle wesentlich. Die doppelte Strahlenbrechung ist allen krystallisirten Körpern eigen, die nicht zum sphäroidischen System gehören.

Die Phosphorescenz. Diese Eigenschaft gewisser Mineralien offenbart sich durch Einwirken des Sonnenlichtes, durch Reiben, Schlagen, Krazen, durch Erwärmung. Sie ist verschieden an Dauer, Stärke, Intensität, Farbe u. s. w.

Die Electricität wird in den Mineralien durch Reibung (und zwar durch diese nur in den Nichtleitern) durch Druck, Erwärmung, Berührung, Mittheilung hervorgerufen. Hiedurch wird ein Mineral positiv oder negativ elektrisch; durch Erwärmung beides zugleich.

Der Magnetismus ist nur dem Eisen und den Eisenerzen eigenthümlich, alle übrigen Mineralien, welche magnetisch sind, sind es nur durch ihren Gehalt an Eisen. [7])

Chemische Kennzeichen der Mineralien.

Die chemische Constitution. Sie ist der Inbegriff des materiellen Bestandes der Mineralien, sowohl in Rücksicht auf die Art, als auf das Menge-Verhältniss ihrer Theile.

[6]) Nach dem Grade der Stärke des lezteren hat man folgende Abstufungen: starkglänzend, glänzend, wenig glänzend, schimmernd, matt. Je nach der Art des Glanzes unterscheidet man: Metallglanz, halber Metallglanz, Diamantglanz, Perlmutterglanz, Fettglanz, Glasglanz.

[7]) Noch sind, als mehr oder minder bezeichnende Merkmale anzuführen: der Geruch; man unterscheidet bituminöse (Erdharz), schwefelartigen, knoblauch artigen (Arsenik), brenzlichen (Feuerstein beim Zerschlagen), Thongeruch, hepatischen Geruch (Schwefelleber, Quarz); — der Geschmack, welcher nur einigen, in Wasser auflösbaren Mineralien zukömmt; — das Anhängen an der Zunge. — Das Anfühlen, welches fettartig, mager, mehr oder minder kalt ist; der Ton, Klang, das Geräusch, welches manche Mineralien beim Zerschlagen äussern.

Die Mineralien sind hiernach chemisch einfache und zusammengesezte. Die lezteren sind die zahlreichsten. Sie werden sämmtlich in zwei Klassen: nichtmetallische und metallische, und jede von diesen wieder in zwei Gruppen: elektropositive und elektronegative, getrennt.[8])

Aus der Verbindung der einfachen Stoffe entstehen die manchfachen und zusammengesezten Körper.

Man unterscheidet vier Ordnungen von Verbindung. Die erste, aus welcher die sogenannten unmittelbaren Körper hervorgehen, begreift die chemische Verbindnng zweier Elemente zu einem Körper; bei der zweiten, häufigsten und vorzüglichsten, verbinden sich zwei schon zusammengesezte Körper der ersten Ordnung mit Körpern dieser Ordnung. Der dritten Ordnung gehört die Verbindung zweier Körper der zweiten Ordnung mit einem Körper der ersten oder zweiten Ordnung; die vierte Ordnung machen Verbindungen zweier Körper der dritten Ordnung mit Körpern der vorhergehenden Ordnungen aus.

[8]) Folgende Tabelle stellt die chemisch einfachen Mineralien, nach obigen Eintheilungen, dar:

I) Nichtmetallische.

a) Elektropositive.

Sauerstoff, 1;	Fluor, 2,25;	Selen, 5;	Boron, 6,75;
Chlor, 4,5;	Schwefel, 2;	Stickstoff, 1,75;	Silicium, 1;
Jod, 15,5;	Phosphor, 1,5;	Kohlenstoff, 0,75;	

b) Electronegative.

Wasserstoff, 0,125;	Lithium, 1,25;	Kalcium, 2,5;	Berylium, 2,25
Kalcium, 5;	Bargun, 8,5;	Magnesium, 1,5;	Ytrium, 4;
Natrium, 3;	Strontium, 5,5;	Alumium, 5,45 ? 5,12	Zirkonium, 4.

II. Metallische.

a) Elektropositive.

Arsenik, 4,75;	Wolfram } 12;	Tantal, 11,5;	Osmium, ?
Chrom, 3,5;	Selen } 12;	Antimon, 5,5;	
Molybdän, 6;	Titan, 3,875;	Tellur, 4;	

b) Elektronegative.

Cerium, 5,75;	Kobalt, 3,625;	Blei, 13;	Rhodium, 6;
Uran, 16;	Eisen, 3,5;	Kupfer, 8;	Platin, 12;
Mangan, 3,5	Nickel, 3,625;	Quecksilber 12,5;	Gold, 8,25; *)
Zink, 4;	Wismuth, 8,875;	Silber, 13,5	
Kadmium, 5,5;	Zinn, 7,375;	Palladium, 7;	

*) Die beigesezten Ziffer bezeichnen die stöchiometrischen Zahlen, von denen im Folgenden die Rede seyn wird.

Einfache Körper, bei zusammengesezten sich widerholend, durch die Ordnungen hindurchgehend, treten als gemeinschaftliche Bestandtheile aller übrigen auf und begründen so gewisse Abtheilungen und Gruppen.[9])

Bei allen Körper, einfachen oder zusammengesezten, die eine chemische Verbindung eingehen, findet ein entgegen gesezstes Verhalten Statt, was der elektro-chemische Gegensaz genannt wird, und man unterscheidet deshalb possitive und negative Körper, wobei zu bemerken ist, dass gerade die am meisten sich anziehenden Körper am entgegengeseztestesten sind.

Das quantitative Verhältniss der Bestandtheile, wodurch die specifisch verschiedenen Körper hervorgehen, wird gewöhnlich nach Procenten bestimmt. Man denkt sich nemlich einen Körper in hundert Theile getheilt und giebt nun an, wie viele an den verschiedenen Bestandtheilen derselben in dem Körper vorhanden sind.

Wird irgend ein Körper als Einheit angenommen, und untersucht, wieviel von einem zweiten, oder dritten u. s. w. Körper bei dessen Verbindung mit dem ersten nöthig ist, damit jedesmal ein gleicher Grad der Sättigung erlangt werde, so erhält man das Mischungs- oder Atomengewicht (chemisches Aequiva-

[9]) Nachstehendes zeigt die Gruppenreihe, welche der mit allen einfachen Stoffen sich verbindende Sauerstoff bildet, und welche die der oxidirten Körper genannt wird: *) Wasser (Sauer- und Wasserstoff) 1,125.

Säuren aus Sauerstoff und nicht metallischen Basen gebildet:

Kohlensäure 2,75; Schwefel, 5; Salpeter 6,75;
Phospohrsäure 4,5; Borax 8,75; Kieselsäure oder Silicium, 2.

Gruppen mit Sauerstoff die nicht metallische mit salzfähigen Basen genannt werden:

Kali (Sauerstoff und Kalium) 6; Natrium, 4; Lythium, 2,25; Amoniak, unbest.	Alkalien.	
Baryt (Sauerstoff und Barium 9,5; Strontium. 6,5; Kalk, 2,5;	alkalische	Erden.
Bittererde, 2,5; Beryllerde, 3,25; Zyrkonerde, 1,35; Yttererde, 5;	eigentliche	Erden.

*) Die Produkte der Metalle mit Sauerstoff übergehen wir.

lent, Sättigungscapacität). Die, die Gewichte ausdrückenden Zahlen heissen stöchiometrische. Aus den verschiedenen Verbindungs-Verhältnissen, in welchen zwei Körper mit einander stehen, gehen die Verbindungsstufen hervor.[10])

Die chemische Reaction. Sie ist auf die chemische Constitution und auf die chemischen Eigenschaften der Bestandtheile gegründet und umfasst die Veränderungen und Erscheinungen, welche durch gewisse Körper oder Potenzen, — Reagentien genannt, — hervorgebracht werden, indem diese die Kräfte der Mineralien in Wirksamkeit sezen. Jene Veränderungen, die Eigenschaften der dadurch entstandenen Produkte, die dabei Statt findenden Erscheinungen heissen chemische Kennzeichen; sie sind von besonderer Wichtigkeit, und werden eingetheilt in Kennzeichen, die durch Versuche auf nassem Wege und in solche, die durch Versuche auf trocknem Wege ausgemittelt worden sind.

Auf nassem Wege ausgemittelte Kennzeichen sind die Auflösungen und die Präcipitation. Die hier in Anwendung kommenden Reagentien sind: Säuren, reine und mit Kohlensäure verbundene Alkalien, reagirende Papiere u. s. w.

Bei den Auflösungen wird durch die Aufnahme eines festen Körpers in einem flüssigen und durch die Verbindung beider ein flüchtiges Produckt gebildet. Man hat dabei die Qualität des Auflösungsmittels, den Grad der Auflösbarkeit, die Beschaffenheit des Rückstandes der nur theilweise sich auflössenden Mineralien, die Beschaffenheit der Auflösung und ihr Verhalten beim Abdampfen zu berücksichtigen.

Durch die Präcipitation wird ein Körper aus einer Auflösung in festen Zustand ausgeschieden, er heisst Präcipitat, Ni-

[10]) Der Kürze wegen werden die Mischungsverhältnisse auch in Formeln angesezt, in welchen die Bestandtheile mit den Anfangsbuchstaben ihrer ateinischen Benennungen bezeichnet werden; ist das Verbältniss ein einfaches, so stehen die Buchstaben unmittelbar nebeneinander. Mehrere Mischungsgewichte eines negativen (gemeinschaftlichen, durchgehenden) Bestandtheiles werden durch Exponenten, die eines positiven durch Koefficienten ausgedrückt und die Glieder durch das Zeichen + verbunden. Der negative Bestandtheil wird der mineralisirende, formende, charakterisirende, aktive genannt.

Es giebt wesentliche und zufällige, Haupt- und Neben- oder Formenbestandtheile; die Hauptbestandtheile haben die grössten Mischungsgewichte; endlich kommen auch stellvertretende (vikarirende) Bestandtheile vor.

derschlag. Die Qualität des Fällungsmittels, die Beschaffenheit des Niederschlages sind bei der Präcipitation in Betracht zu ziehen.

Die auf trockenem Wege ausgemittelten Kennzeichen sind: das Verhalten der Mineralien im Feuer, durch dessen Einwirkung dieselben mancherlei Veränderungen erleiden. Durch Einwirkung anderer Substanzen (Zuschläge) werden die Mineralien in Reaction gesezt, die Erscheinungen vervielfältigt.

Die Mineralien werden entweder blos dem gewöhnlichen Feuer, oder der Flamme des Löthrohres ausgesezt.[11]

[11]) Verhalten der Mineralien vor dem Löthrohre für sich. Indem man die Mineralien vor dem Löthrohre bald auf der Kohle, bald auf der Zange, oder in Glasröhren oder Kolben untersucht, wendet man nur kleine Stücke, Splitter, seltener ein, des Zusammenhaltens wegen angefeuchtetes Pulver an, und beobachtet nachbezeichnetes Erscheinen:

Schmelzung. Je nach dem Grade der Schmelzbarkeit unterscheidet man die Mineralien in leicht schmelzbare, strengflüssige, nur an den Kanten flüssig werdende und in unschmelzbare. Die Schmelzung geht entweder ruhig oder mit Bewegung, Aufblähen, Schäumen, von Statten.

Die ganze oder theilweise Verflüchtigung findet theils sichtbar durch Rauch, Dampf, theils unsichtbar, gasförmig, — theils mit, theils ohne Zutritt der Luft Statt. Die, bei nicht gasförmiger Verflüchtigung wieder aufgefangenen Theile werden Sublimat und der weisse, graue, gelbe Stoff der sich bisweilen an die Kohle anlegt, wird Beschlag genannt.

Die Oxydation kömmt vor dem Löthrohre bei Metallen, Erzen vor.

Durch die bald vollständige, bald nur theilweise Reduktion werden die Metalle aus den Erzen wieder hergestellt.

Die Veränderungen, welche der Zusammenhalt vor dem Löthrohre erleidet, bestehen darin, dass einige Körper mürbe werden, andere sich blättern, pulverig hinweg fallen, verknistern, oder auch wieder härter werden.

Bei der Veränderung des Umfanges der Getalt findet zackiges Erhöhen (Ausblühen), Winden, Dehnen, Aenderung der Farbe, Verlust des Glanzes u. s. w. Statt.

Geruch und Geschmack werden bei manchen Mineralien oft charakteristisch.

Verhalten der Mineralien vor dem Löthrohre mit Zuschlägen. Unter den wenigen, für den mineralogischen Zweck als Zuschläge in Anwendung kommenden Stoffen sind der Borax, das phosphorsaure und das kohlensaure Natrum die vorzüglichsten. Ausser verschiedenen anderen Erscheinungen, welche mit den Zuschlägen vorkommen, zeigen sich auch die, welche bei den Mineralien ohne Zuschläge vor dem Löthrohre Statt finden.

Da es dem Zwecke des vorliegenden Werkes ebenso fremd ist, als es ausser dessen Grenze liegen würde, ein vollständiges Mineral-System zu liefern, so hat man sich im Nachfolgenden auf die Diagnose jener Mineralien beschränkt, welche die wesentliche Bestandtheile (bildenden Theile) der beim Bauen in Anwendung kommenden Felsarten ausmachen.[12])

Durch den Borax werden alle oxydirten, mineralischen Körper und ihre Verbindungen in Fluss gebracht, und glasartige Körper gebildet. Das nur auf die basischen Körper einwirkende phosphorsaure Natrum lösst die mit Kiesel verbundenen Erden auf und ist deshalb ein Reagens der Silikate. Die Soda, (kohlensaures Natrum) wird bei Reduktionsversuchen angewendet, und dient noch zu anderen Zwecken. Sie scheidet, vorzüglich bei Silikaten, Basen aus.

[12]) Es wird nur noch bemerkt, dass die Mineralien in der Ordnung aufgezählt werden sollen, in welcher sie sich als Glieder eines, auf chemische Prinzipien gestützten Systems (jedoch, wie sich aus obigem von selbst versteht, mit Hinweglassung der hieher nicht gehörigen) folgen. Um indessen eine Übersicht dieses Systems zu geben, bezeichnen wir zuvor noch im Nachstehenden die Klassen und die Genera desselben.

Ite Klasse. Nichtmetallische Mineralien.

1. Genus. Karbonate (kohlensaure Verbindungen).
2. Genus. Sulphate (schwefelsaure Verbindungen).
3. Genus. Phosphate (phosphorsaure Verbindungen).
4. Genus. Borate (boraxsaure Verbindungen).
5. Genus. Nitrate (salpetersaure Verbindungen).
6. Genus. Fluate, Fluoride (flusssaure Verbindungen).
7. Genus. Chloride, Muriate, (salzsaure Verbindungen).
8. Genus. Silikate (kieselsaure Verbindungen).
9. Genus. Aluminate (thonsaure Verbindungen).
10. Einfache nicht metallische Körper.

IIte Klasse. Metallische Mineralien und ihre Verbindungen.

a. Vorzüglich negative Metalle.

1) Arsenikgeschlecht.
2) Chromgeschlecht.
3) Molyadängeschlecht.
4) Titangeschlecht.
5) Wolframgeschlecht.
6) Antimon- oder Spiessglanzgeschlecht.
7) Tellurgeschlecht.

b. Vorzüglich positive Metalle.

1) Zinkgeschlecht.
2) Ceriumgeschlecht.
3) Urangeschlecht.
4) Mangan-Braunsteingeschlecht.
5) Eisengeschlecht.
6) Kobaltgeschlecht.

Kurze Beschreibung jener Fossilien, welche die bildenden Theile der in Deutschland beim Bauen in Anwendung kommenden Felsarten ausmachen. [13])

Nichtmetallische Fossilien.

Carbonate.

Die Carbonate lösen sich auf nassem Wege in Säuren, mit Entweichen der Kohlensäure, — auf trockenem Wege mit Borax, jedesmal mit Brausen, auf. Die barit-, strontianit- und kalkhaltigen Carbonate reagiren alkalisch, sie färben das Gurkumäpapier braunroth. Die Barit-, Strontianit - und Kalkauflösungen

7) Nickelgeschlecht.
8) Zinngeschlecht.
9) Kupfergeschlecht.
10) Wissmuthgeschlecht.
11) Bleigeschlecht.
12) Quecksilbergeschlecht.
13) Silbergeschlecht.
14) Goldgeschlecht.
15) Platingeschlecht.

III. Anhang.

Honigstein; Bernstein; Erdharze; Steinkohlen; Kohlenblende.

[13]) Es scheint hier der Ort zu seyn, in Kürze der wesentlichen Grundstoffe zu erwähnen, aus deren Verbindungen unter sich und mit Säuren die meisten der oben aufzuführenden Fossilien hervorgehen. Es sind dis nachbenante Erden, die chemisch betrachtet, nur wieder oxydirte Körper sind: nemlich die Kalkerde, Bittererde, Kieselerde, und die Thonerde.

Als die wesentlichsten Unterscheidungs - Merkmale dieser Erden von allen übrigen Naturkörpern sind folgende chemische Eigenschaften zu bezeichnen.

Das Eigen - Gewicht dieser Erden beträgt nie mehr als 4,9. Unverbrennlich, geschmacklos, im Wasser, mit Kohlensäure verbunden, unauflöslich, ist ein weisses Pulver die Form ihres reinen Zustandes.

Mehrere dieser Erden verbinden sich chemisch miteinander oder auch mit Metalloxyden, andere mit Säuren, einige, namentlich die Kieselerde und die Thonerde treten hie und da wie Säuern auf; sie bilden die Silikate.

Während einige Gemenge eben so strenge schmelzbar sind, als die Erden, aus welchen sie bestehen, sind andere, einer Glühhize ausgesezt, leicht schmelzbar.

Die chemische Beschaffenheit einer Steinart wird, bei einigen derselben, dadurch bestimmt, dass in ihr eine Erde einzig mit einer wirklichen Säure gebunden ist.

Betrachten wir nun jede der oben genannten Erden einzeln.

werden durch kohlensaures Ammoniak niedergeschlagen; Schwefelsäure und Salze dienen gleichfalls als Präcipitations-Mittel.

Calcit. (Kalkstein, Kalkspath); Hauptform: das stumpfwinkliche Rhomboeder; vollkommen spaltbar, die Spaltungsflächen das Licht stark brechend; in geringem Grade halbhart; unschmelzbar; weissglühend und, wenn er ausgeglühet hat, undurchsichtig; mit Säuren lebhaft aufbrausend; in Salzsäure und Salpetersäure in reinem Zustande ganz auflöslich.

Bestandtheile: Kohlensäure 44,0 + Kalk 56,0 = 100. — Spez. Gew. = 2,07.

Kalkerde. Aezkalk, Calciumoxyd, lebendiger Kalk, gebrannter Kalk). Der reine Kalk ist fest, weiss, geruchlos, aber von äzendem Geschmack. Er schwillt, der Luft ausgesezt, auf und zerfällt allmälig in ein feines Pulver (Staubklalk, Mehlkalk, zerfallener Kalk). Dis Pulver ist nicht mehr reiner Kalk, sondern enthält bereits aus der Luft absorbrtes Wasser und Kohlensäure.

Der wasserfreie Kalk besteht aus: Calcium 72,8 + Sauerstoff 27,2 = 100. — Spez. Gew. = 2,70.

Der reine Kalk ist auch im heftigsten Ofenfeuer unschmelzbar; schmelzbar wird er nur, wenn ihm etwas Thonerde und Kieselerde beigemengt ist: er kömmt aber rein nie (höchtens in der Nähe einiger Vulkane) vor; mit Kohlensäure und Wasser gebunden, wird er dagegen in den mancherlei Arten des Kalksteins, des Marmors, des Kalkspathes, und mit Schwefelsäure im Gypse gebunden, in ausserordenlicher Menge gefunden.

Durch die Hize des Weissglühens wird das Wasser und die Kohlensäure aus den kohlensauren Kalkarten ausgetrieben und so der reine Kalk dargestellt, dieser aber nur durch das Brennen des reinen Marmors der ausser dem eben genannten keine fremden Bestandtheile enthält, gewonnen. Der aus gemeinen Kalksteinen gebrannte Kalk enthält immer etwas Thonerde, Kieselerde und Eisenoxyd. Noch ist zu bemerken, dass der Kalk in der Chemie zu den Alkalien gezählt wird.

Bittererde. (Talkerde, Bittersalzerde, Magnesie, Magnesiumoxyd). Die reine Bittererde, welche in der Natur nicht vorkömmt, wird durch das Ausglühen der kohlensauren Erde in einem bedeckten Schmelztiegel erhalten.

Sie soll bestehen aus: Magnium 61,2 + Sauerstoff 38,8 = 100. — Spez. Gew. = 2,33.

Im gewöhnlichen Zustande enthält sie 30,6 Prozent Wasser, von welchem sie durch Glühen befreit wird. Sie zieht die Kohlensäure nur langsam an, da sie, wie alle übrigen Erden, eine vielgeringere Verwandtschaft zu derselben hat, als die Alkalien.

Kieselerde. (Siliciumoxyd) Die Kieselerde besizt, selbst im fein zertheilten Zustande einen gewissen Grad von Rauhigkeit, so dass sie zwischen den Zähnen knirscht; sie unterscheidet sich hiedurch von den übrigen Erden.

Ausser der Flussäure vermag keine Säure die Kieselerde aufzulösen, dagegen wird sie in Verbindung mit Thon, Kalk und mit den Alkalien mit

Formationszustände: in Krystallen; in krystallinischen Massen; dicht erdig durch Beimengungen verunreinigt. Farbe: weisslich, graulich, gelblich, röthlich, bräunlich.

Durch anhaltendes Brennen und Glühen wird der Kalk seines Gehaltes an Kohlensäure beraubt; er heisst im lezteren Falle Aezkalk.

Der, in so viel Wasser als er einsaugen kann, gelegte, gebrannte Kalk, erhizt sich allmälich, dampft und zerfällt zu Pulver (gelöschter Kalk, Kalk-Hydrat). Dieses Pulver wird durch

diesen zugleich in den Säuren aufgelöst; aus solchen Auflösungen scheidet sich die Kieselerde, besonders wenn sie nicht sehr verdünnt ist, bald wieder ab und bildet eine Gallerte. Durch Schmelzen verbindet sie sich mit der Borax- und mit der Phosphorsäure, so wie mit den feuerbeständigen Alkalien. Auf die merkwürdigste ihrer Verbindungen, nemlich der mit dem Kali und dem Natron werden wir unten zurückkommen, wenn von der Mörtelbereitung die Rede seyn wird.

Bestandtheile: Silicium 55,0 + Sauerstoff 45,0 = 100. — Spez. Gew. = 2,65.

Die Kieselerde wird in der Natur häufig angetroffen, ganz rein im Bergkrystall.

Thonerde (Alaunerde, Alumiumoxyd.) Die Thonerde ist weiss von Farbe, fühlt sich sanft an, klebt an der Zunge.

Im Wasser unauflöslich, lässt sie sich mit demselben zu einem bildsamen, in der Glühhize sich erhärtenden, zusammen sinternden und sein Volumen vermindernden Teig kneten. Gebrannt ihrer Bildsamkeit beraubt, nimmt sie dieselbe nach ihrer Auflösung in einer Säure, und Fällen aus der Auflösung durch ein Alkali, wieder an.

In Kali und in Natronlauge (in geringerer Menge von tropfbarem Ammoniak) auflösbar, scheidet sich die Thonerde wieder aus, wenn, das Alkali an sich ziehende, Säuren der Auflösung zugesezt werden.

Durch Schmelzen vereinigt sich die Thonerde mit dem Kali und mit dem Natron; mit anderen Erden (im reinen Zustande) ist sie fast unschmelzbar; durch Kalk wird sie schmelzbar.

Die Thonerde soll enthalten: Alumium 53,3 + Sauerstoff 46,7 = 100. — Spez. Gew. = 2,00.

Sie kommt in der Natur nicht rein vor. Auf künstlichem Wege wird sie gewöhnlich durch Zerlegung des Alauns (welcher grösstentheils diese Erde mit Schwefelsäure verbunden enthält) dadurch gewonnen, dass man dem im Wasser aufgelösten Alaun tropfbares (reines, kohlensaures) Ammoniak zusezt und den Niederschlag wohl auswäscht und trocknet.

Als vorwaltender Bestandtheil erscheint die Thonerde u. a. im Schmirgel, namentlich in den verschiedenen Thonarten, die insgesammt aus Thonerde, Kieselerde und Wasser bestehen, bisweilen auch etwas Kalk und Eisenoxyd enthalten.

noch mehr beigemengtes Wasser zu einem Teig, über welchem, nachdem er sich gesezt hat, das Kalkwasser steht und auf welch lezterem sich ein dünnes Häutchen (Rahm, Kalkrahm) bildet.

Man untsrscheidet die Kalkarten in fette und in magere. Die meisten liefern den fetten Kalk, der, weil er am meisten Wasser einsaugt, sich am stärksten erhizt und sich am feinsten zertheilen lässt. Der magere Kalk, der entweder gemeiner oder hydraulischer Kalk ist, besizt alle jene Eigenschaften in viel schwächerem Grade und ist mit Thon gemischt. Im rohen mageren Kalke verhalten sich Kalk und Thon indifferent, beim Brennen aber verbindet sich der Kalk chemisch mit Thon- und Kieselerde (aus diesen Stoffen, denen noch etwas Eisen- oder Manganoxyd beigemengt ist, besteht der Thon); beim Löschen geht dann eine mit der Quantität des vorhandenen Thones gleich grosse Menge Kalkes verloren, indem nur der freie Kalk sich mit Wasser verbindet.

Der allzu thonhaltige Kalk löscht sich nicht mehr ab, er muss in Pulver verwandelt werden. Bei all zu heftigem Feuer schmelzen Kalk und Thon zusammen, was man das Todtbrennen des Kalkes nennt. Oft wird ein sehr thonreicher Kalk, der desshalb sich nicht ablöscht, oft auch ein nicht ausgebrannter Kalk ebenso — jeder Zeit aber unrichtig, — genannt.

Der pulverisirte Kalk zieht, längere Zeit der Luft ausgesezt, die Feuchtigkeit zu stark an und verliert dadurch an Güte.

Dem mageren Kalke gebührt vor dem fetten der Vorzug, denn obgleich lezterer mehr ausgiebt (gedeiht), so liefert doch der erstere ein compakteres Cement.

Der hydraulische Kalk besizt die Eigenschaft unter Wasser schneller oder langsamer, stärker oder schwächer zu erhärten; er muss, wenn er gut seyn soll, 30 bis 40 Procent Thon enthalten und darf sich nach dem Brennen nicht löschen. Seine Kraft scheint durch vorhandenes Eisenozyd vermehrt, durch Bittererde aber ihm jene Eigenschaft benommen zu werden. Auf künstlichem Wege wird der hydraulische Kalk durch Zusaz einer Quantität Thon zu gelöschtem, fettem oder magerem Kalk, und durch nochmaliges Brennen dieses Gemenges bereitet. [14])

[14]) Über die fernere Anwendung des Kalkes sowie über die Bereitung der verschiedenen Mörtelarten wird das Nöthige in der Folge am geeigneten Orte vorgetragen werden.

Magnesit (Talkkarbonat; kohlensaure Bittererde) Stammform: stumpfwinkliches Rhomboeder; Blätterdurchgang: vollkommen rechtwinklich zu den Flächen; im mittleren Grade halbhart; unschmelzbar; nach dem Ausglühen alkalisch reagirend; schwerer und härter als Kalk, und schwerer als dieser in Säuren, dagegen in Salzen vollkommen auflösbar und durch Äzammoniak präcipitirbar.

Bestandtheile: Kohlensäure 52,0 + Bittererde 48,0 = 100,0. — Spez. Gew. = 3,1

Formations-Zustände: am häufigsten körnige, ins Dichte und Erdige übergehende Massen.

Der Magnesit brauset unter allen Karbonaten mit Säuren am wenigsten auf, ausser wenn er in Pulver verwandelt ist, dann lösst er sich in Salzsäure, selten aber ganz rein auf. Die kohlensaure Bittererde wird aus jedem, Bittererde enthaltenden Salze durch, der Auflössung zugeseztes, kohlensaures Kali und Natrum, unter Anwendung der Glühhize gewonnen.

Sulphate.

Die Schwefelsäure kommt mit denselben Basen wie die Kohlensäure und ausserdem noch mit Thonerde, mit Metalloxyden u. s. w., verbunden vor. Die Sulphate (die schwefelsaure Thonerde ausgenommen) erleiden für sich durch das Feuer keine Zersezung, mit Kohlen hingegen werden sie in Schwefelleber umgewandelt. Vor dem Löthrohre erhalten sie auf Kohlen den sogenannten hepatischen Geschmack. Die Alkalien enthaltenden Sulphate reagiren nach dem Ausglühen alkalisch; auf Kohlen liefern sie mit Natrum und Kieselerde ein dunkel gelbrothes (heparfarbiges) Produkt.

Der grösste Theil der Sulphate ist in Wasser und Säuren unauflöslich; mit kohlensaurem Kalk oder mit Natrum bis zum Trocknen eingekocht und dann wieder mit Wasser aufgerührt, zersezen sich diese und es bleibt ein Karbonat zurück, indem die Schwefelsäure an das Alkali und die Kohlensäure an die Basis übergeht, mit welcher die Schwefelsäure vorher gebunden war.

Gyps. (Wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk). Stamm- und Spaltungsform: schiefes, rektanguläres Prisma; Blätterdurchgang: dreifach, mehr oder minder vollkommen; sehr weich; perl-

mutterartig glänzend; in der Flamme viel Wasser gebend und bei sehr grosser Hitze zu einem weissen Email zusammen schmelzend; im Wasser etwas auflössbar.

Bestandtheile: Schwefelsäure 46,0 + Kalk 33,0 + Wasser 21,0 = 100,0. — Spez. Gew. 2,3.

Formations - Zustände: in Krystallen; in krystallinischen Massen; dicht; erdig; durch Beimengungen verunreinigt.

Das Vorhandenseyn des Gypses in den Mineralien wird durch kohlensauren Baryt, welcher die Schwefelsäure, — und durch Kohlensäure, welche die Kalkerde ausscheidet, gefunden. Gebrannt saugt der Gyps das Wasser begierig ein, bindet, dehnt sich aus und erhärtet dabei.

Silikate.

In den Silikaten tritt die Kieselerde als Säure auf. Es giebt nur wenige einfache Silikate, desto häufiger aber sind Verbindungen der Kieselerde mit zwei, drei und mehreren Basen. Das Vicariren der Bestandtheile findet sehr oft Statt. Als Bestandtheile der Silikate kommen vor: Thon, fast immer; Kalk und Bittererde, oft; Natrum Kali, Lithium, Eisen- und Manganoxyd minder oft: andere Metalloxyde, dann Fluss- und Boraxsäure, Chlor, seltener, meist nur zufällig.

Unter den Kieselverbindungen sind nur wenige allein und geradezu in Säuren auflössbar; einige müssen zuvor für sich oder mit feuerbeständigen Alkalien zusammen geglüht und geschmolzen werden, bevor die Auflösung eine Gallerte bildet.

Durch das Aufschliessen wird die chemische Constitution der Silikate verändert, da das Alkali mit der Kieselerde in Verbindung tritt. In einigen Silikaten werden nur die Basen aufgelösst und die Kieselerde fällt ausgeschieden als Pulver zu Boden. Aus einem mit Flusssäure übergossenen und erwärmten Silikate entweicht jene Säure mit der Kieselerde und die Basen bleiben zurück. Aus einem mit Flusspath gemengten, mit Schwefelsäure übergossenen und erwärmten Silikate scheidet sich die Kieselerde aus, legt sich an einen feuchten, über das Gemege gehaltenen Körper an und die Schwefelsäure verbindet sich mit dem Kalke.

Einige Silikate werden durch das Glühen zersezt. Die Silikate werden jedoch nicht alle gleich leicht durch Äzkali und

Natrum aufgelösst. Die sehr dickflüssige Auflösung wird durch alle anderen Säuren, selbst durch kohlensaures Gas, zersezt; wird sie sehr stark, etwa mit 24 Theilen, Wasser verdünnt, so bleibt die Kieselerde darinn aufgelösst. Beim Wiederabdampfen der Flüssigkeit verwandelt sich die Kieselerde bei einem gewissen Punkte wieder in Gallerte und bleibt endlich ganz rein übrig, wenn die, endlich ganz aus getrocknete Gallerte mit Wasser übergossen wird, wobei das Kali an die Säure übergeht.

Der Salmiak dient als vorzügliches Präcipitations-Mittel der in Alkalien aufgelösten Kieselerde; dieser Niederschlag ist in keiner andern Säure auflösbar.

Die Kieselerde lässt sich aus ihren Verbindungen durch die feuerbeständigen Alkalien, wenn erstere in diesen noch so lange gekocht werden, nicht scheiden; höchstens lösst sie sich, wenn sie in Überfluss vorhanden ist, nur sehr wenig auf; oft nimmt das Silikat nach Kali und Natrum auf und wird dann in Säuren auflösbar. Vor dem Löthrohre verhalten sich die Silikate auf sehr verschiedenartige Weise; sie sind alle in Borax mehr oder minder leicht schmelzbar, einige wenige auch in kohlensauren Natrum.

Quarz. (Kieselerde). Stammform: gleichschenkelige, sechsseitige Doppelpyramide; Spaltbarkeit unvollkommen; Blätterdurchgänge: versteckt, mit den Flächen der Pyramiden paralell; Bruch muschelig, ins Unebene und Splitterige; Härte: von mittlerem Grade, giebt am Stahle lebhaft Funken; phosphorescirt und riecht, wenn zwei Sücke gerieben werden; rizt Feldspath und ist durch Topas rizbar, mit weissem Strichpulver; für sich unschmelzbar, mit Borax langsam und ruhig schmelzbar; von Phosphorsäure fast unlösbar; mit Kali oder Natrum unter Aufbrausen zu einem Glase schmelzend; fein gerieben auch in Alkalien auf nassem Wege auflöslich.

Bestandtheile: Sauerstoff + 50,0 + Silicium 50,0 = 100,0. — Spez. Gew. = 2,65

Formationszustände: in krystallinischen Massen, erdig, verunreinigt. Gestalt, Farbe und Durchsichtigkeit höchst manchfach.

Durch seine Härte, sein Verhalten vor dem Löthrohre und gegen Säuren mit keinem ihm mehr oder minder ähnlichen Fossile leicht zu verwechseln.

Feldspath und Feldstein. (Kali-Feldspath; Ortoglas). Stammform: schiefes rhom. Prisma; Spaltbarkeit: leicht; Blätterdurchgang: doppelt, nach der schiefen Endfläche und nach der

kurzen Diagonale, — nach den Seitenflächen versteckt; Bruch: uneben, bis klein und vollkommen muschelig (und beim Feldstein ins Splitterige); Härte: gering, am Stahle nur schwach funkend; wenig phosphorescirend; für sich auf Kohlen schwer schmelzbar, mit Borax langsam, mit Natrum unter Aufbrausen, mit Phosphorsalz unschmelzbar; von Säuren unangreifbar; rizt Apatit; durch Quarz rizbar, mit graulich-weissem Strichpulver.

Bestandtheile: Kieselerde 66,0 + Thonerde 17,5 + Kalk 16,5 = 100,0. — Spez. Gew. = 2,5.

Zufällige Gemengtheile: Eisenoxyd und Eisenoxydul. Formationszustände: in Krystallen, in krystallinischen Massen; verwittert in Thon; in Porzellanerde aufgelöst; in Spekstein verwandelt.

Vom Albit durch Farbe, Glanz und Frische, vom Labrador durch des lezteren Verhalten gegen Salzsäure, vom Korund durch geringere Härte unterscheidbar.

Turmalin. Stammform: sehr flaches Rhomboeder des zweiten Systems; Blätterdurchgang: unvollkommen, den Flächen und den drei Hauptschnitten parallel; Härte: ziemlich bedeutend, grösser als die des Quarzes; beim Erwärmen elektrisch werdend; Bruch: klein und vollkommen muschelig; von Säuren auf nassem Wege, selbst nach dem Glühen, kaum angreifbar; vor dem Löthrohre auf Kohlen, meist für sich allein, unter Aufblähen schmelzend; in Borax leicht und unter Brausen, schwerer in kohlensaurem Natrum und in Harnsalz auflöslich; rizt Quarz, rizbar durch Topas mit weissem Strichpulver. Kieselerde und Thonerde sind die wesentlichen Gemengtheile, in gleichem Mengeverhältniss; Kali, Natrum, Lithium, Kalk- und Bittererde, sind Eisen- und Manganoxyd und Boraxsäure sind zufällige Beimengungen des Turmalin. — Spez. Gew. 3,3.

Formationszustände: in Krystallen und in krystallinischen Massen. Färbung: meist dunkelbraun, auch roth, blau, grün, selten weiss.

Von Hornblende durch seine elektrische Kraft, durch verschiedenes Verhalten vor dem Löthrohre und minder deutlichen Blätterdurchgang zu unterscheiden.

Augit. Stammform: ein schiefes rhomb. Prisma; Spaltbarkeit: nach den Seitenflächen vollkommen, nach der Diagonale der Grundfläche unvollkommen; hart, oder halb hart; Bruch: uneben ins Splittrige und Muschelige; rizt Flussspath, wird durch Quarz gerizt, Strichpulver grau; von Säuern unangreifbar; für

sich mit einigem Aufwallen strengflüssig, mit Borax zu einem grünen Glase schmelzbar.

Bestandtheile: Kieselerde 55,17 + Bittererde 17,24 + Kalk 12,08 + Eisenoxydul 15,5 = 100,00. — Spez. Gew. = 3,3.

Formationszustände: in Krystallen, in krystallinischen Massen. Farbe: schwarz.

Von der Hornblende durch geringeren Glanz der Spaltungsflächen, Verschiedenheit in den Winkeln, und schwierigeres Flüssigwerden vor dem Löthrohre sich unterscheidend.

Bronzit (Dialogon, Schillerstein.) Bis jetzt nur in krystallinischen Massen bekannt, aus denen sich rhomb. Prismen spalten lassen; Blätter-Durchgang: vollkommen und unvollkommen; halbhart; Bruch: uneben splitterig; Glanz: perlmutterartig, dem metallischen sich nähernd; rizt Flussspath, ist durch Feldspath rizbar. Von Säuren unangreifbar; mit Borax schwer zu einem grünlichen, sich wieder bleichenden Glase auflösbar.

Bestandtheile: Kieselerde 55,5 + Bittererde 30,7 + Eisenoxyd 14,8 = 100,0. — Spez. Gew. = 3,2.

Farbe: tombackbraun, gelblichbraun, seltener bläulich ins Silberweisse (Bronzit), grün (Schillerstein).

Von Schillerspath in den Neigungs-Winkeln der Spaltungsstücke, im Verhalten vor dem Löthrohre und durch grösseres Eigengewicht abweichend.

Hornblende. Stammform: schiefes rhomb. Prisma; Blätterdurchgang: nach den Seitenflächen völlig, nach den Endflächen weniger deutlich; in hohem Grade halb hart; beim Anhauchen einen bitterlichen Geruch entwickelnd; Bruch: uneben, von grobem und feinem Korne, theils dem Muscheligen sich nähernd; rizt Flussspath, rizbar durch Quarz; Strichpulver: graulich weiss bis braun; von Säuren unangreifbar, für sich leicht zu einer schwarzen, glänzenden Schlacke, mit Borax zu einem grünen, mit kohlens. Natrum zu einem schwarzen Glase schmelzbar.

Bestandtheile: Kieselerde 51,0 + Thonerde 6,8 + Bittererde 16,0 + Kalk 11,2 + Eisenoxydul 15,0. = 100,0. — Spez. Gew. = 3,2.

Formationszustände: in körnigen,! stenglichen, strahlichen, verworren faserigen, auch schieferigen Massen. Farbe: dunkelgrün, ans Schwarze gränzend.

Von Augit unterschieden durch leichtere und vollkommnere

Spaltbarkeit, und durch Verschiedenheit in den Winkeln. Die Unterschiede von Turmalin sind bei diesem Fossile angegeben.

Talk. Stammform: regelmässiges, sechsseitiges Prisma; Spaltbarkeit: nach den Seitenflächen leicht; sehr weich, nicht elastisch; sehr fettig anzufühlen; Bruch: bisweilen schieferig; von Säuren unangreifbar; in Borax mit Brausen sich auflösend; unschmelzbar, sich hart brennend.

Bestandtheile: Kieselerde 62,8 + Bittererde 32,0 + Eisen 1,6 + Thon mit Wasser 4,2 = 100,0 — Spez. Gew. = 2,7.

Formationszustände: in krystallinischen Massen, ins Dichte Farbe: verschieden grün, auch blau; Glanz: perlmutterartig, selbst halbmetallisch.

Glimmer. Stammform: regelmässiges, sechsseitiges Prisma; der Endfläche perallel, sehr leicht spaltbar; in geringem Grade halbhart; biegsam; in dünnen Blättern elastisch; Bruch: muschelig, splitterig, aber nur selten wahrnehmbar; Gypsspath: schwach rizend, rizbar durch Kalkspath, mit weissem Strichpulver; von Säuren meist unangreifbar, mitunter aber auch in solchen durch anhaltendes Kochen ganz zersezbar; vor dem Löthrohre theils leicht, theils schwer schmelzbar.

Bestandtheile: Kieselerde 46,23 + Thon 14,00 + Eisenoxyd 17,97 + Manganoxyd 4,00 + Kali 4,90 + Lythion 4,20 + Flüsssäure 8,70 = 100.00. — Spez. Gew. = 2,9.

Formationszustände: in Krystallen, in krystallinischen Massen; Farbe: graulich gelblich, röthlich; Glanz: perlmutterartig, beinahe metallisch.

Von Hornblende durch geringeres Gewicht und gänzlich verschiedene Spaltbarkeit, von Distehn durch geringere Härte und verschiedenes Verhalten vor dem Löthrohre unterscheidbar.

Aluminate.

Mit dem Namen Thon werden die meisten jener Silicate belegt, welche Thon enthalten; sie sind unbestimmte Gemenge, ohne, der Stöchiometrie entsprechende, Mischungs-Verhältnisse, und enthalten meist an Kieselerde 55, an Thon 40 bis 45 Procent, ausserdem auch noch Eisenoxyd, Kalk, Bittererde, auch Alkalien. Mancher Thon fühlt sich sanft, anderer fettig, und wieder anderer mager und rauh an, je nachdem seine Theile fein oder grob sind; diese haben bald schwächeren bald stär-

keren Zusammenhang; sie zerfallen in Wasser und bilden einen Teig; hienach werden die Thon-Arten in verhärtete und zerreibliche unterschieden; leztere sind schlemmbar, wodurch sie von beigemengten Stoffen befreit werden können.

An Schmelzbarkeit, so wie überhaupt im Verhalten im Feuer weichen die Thon-Arten sehr von einander ab, doch gewinnen sie alle an Consistenz; der Wassergehalt einiger verursacht indessen ihr Zerspringen. Im Wasser auflösbarer Thon verliert nach dem Glühen diese Eigenschaft. [15]).

Metallische Fossilien.

Eisengeschlecht.

Magnet- und Titaneisen. (Mit Sauerstoff vererztes Eisen). Stammform: regelmässiges Octaeder; Blätterdurchgang: vierfach, oft versteckt, auf den Flächen muschelig; in geringem Grade hart; Bruch: muschelig, ins uneben Kleinkörnige; rizt Flussspath, ist durch Quarz rizbar, mit schwarzer Strichpulver; besizt theils nur retraktorische bald atraktive Kraft; in Salpetersäure unauflöslich, dagegen in Salzsäure, besonders erwärmt, auflösbar; unschmelzbar.

Bestandtheile: Eisenoxyd 69,0 + Eisonoxydul 31,0 = 100,0 — Spez. Gew. = 5,0

Beigemengt sind auch erdige Theile, Mangan u. s. w.

Das Titanoxyd enthaltende heisst Titaneisen; lezteres liefert, mit Phosphorsalz in der inneren Flamme geschmolzen, ein hyazintrothes, farbhaltiges, das gewöhnliche Magneteisen ein grünes, beim Abkühlen bleichendes Glas.

Formationszustände: in Krystallen, dicht, selbst erdig. Farbe: schwarz.

Vom **Eisenglanze** durch das Ungleiche der Krystallisations-Systeme, durch die bluthrothe Farbe des Strichpulvers bei dem genannten Mineral und durch die magnetischen Eigenthümlichkeiten, — vom **Wolfram** durch geringere Schwere und das röthlich braune Strichpulver dieses Fossils unterschieden.

[15]) Von den verschiedenen Arten des Thons und deren Anwendung wird weiter unten die Rede seyn.

Einleituug zur Kenntniss der Felsarten.

Gebirgsgesteine sind, allgemein betrachtet, alle jene Massen, welche, auf der Rinde des Erdkörpers mehr oder minder verbreitet, das Feste derselben ausmachen.

Nach dem Manchfachen ihres Bestandes unterscheidet man:

Gleichartige Gebirgsarten: sie gehören eigentlichen Mineralgattungen an, oder stehen diesen doch sehr nahe.

Scheinbar gleichartige Gesteine; in ihnen sind entweder mehrere Gattungen kleiner, dem blossen Auge nicht wahrnehmbaren Teilchen aufs innigste verbunden, oder es sind durch das Ganze ihrer Massen andere, keiner eigenlichen Gattung angehörende Substanzen verbreitet.

Ungleichartige Gesteine: dis sind Massen, die aus unmittelbar miteinander verbundenen, nach Gefüge und Gestaltverhältnissen und nach Eigenschaften mehr oder minder erkennbaren Theilen gebildet sind, welche sämmtlich eigentliehen Mineralgattungen angehören. Die manchfachen Gesteine dieser Gattung unterscheiden sich nicht sowohl durch das Vielartige des Materials, als durch das höchst Wandelbare in der Mengungsweise der einzelnen Bestandtheile.

Trümmer-Gesteine: sie bestehen aus Bruchstücken mehr oder minder stumpfkantiger Gesteine, aus Geschieben, Rollsteinen, Körnern und Blättchen, die durch einen bald deutlich, bald kaum bemerkbaren Kitt gebunden sind.

Lose Gebirgsarten: diese entstehen durch mechanische Zertrümmerung manchfacher Gesteine, zum Theil auch durch mehr chemische Zersezung der lezteren, durch Einfluss der Atmosphäre und Abnüzen und Fortschwemmen durch Gewässer. Hieher gehören Gerölle und Sand, der Grösse nach vom Felsblock bis zum feinsten Flugsandkorne, — ferner Erden, Thon Lehm, u. s. w. — Ihre Theile sind lose oder doch leicht trennbar, durch keinen Kitt gebunden, der, wenn er dennoch sich vorfindet nicht zum Wesen der Gebirgsart gehört. —

In Hinsicht auf Struktur und Gefüge unterscheidet man die drei zuerst genannten Gebirgsarten in krystallinisch-körnige, schieferige und dichte Gesteine, Phorphyre und Mandelsteine.

Krystallinisch-körnige Gesteine sind aus krystallinischen Theilen oder scharfkantigen, frischeckigen Körner gebil-

det, die ohne Grundmasse oder Bindemittel, lediglich kristallinisch zusammen gehäuft, in und miteinander verwachsen sind.

Schieferige Gesteine haben eine, aus dünnen Lagen oder Schichten, aus übereinander gehäuften Blättchen bestehende Masse, die mehr oder weniger fest gebunden ist.

Dichte Gesteine bestehen aus Theilen, die ohne besonder Gestalt, enge zusammen hängend, gewissermassen innig miteinander verschmolzen sind, sonach ein Ganzes bilden; sie gehen nicht selten ins Erdige über.

Porphyr-Struktur besizen mehrere ungleichartige und gleichartige Gesteine. In ihnen umschliesst die dichte, dem Körnigen sich nähernde Hauptmasse Krystalle, Körner, Blättchen, die meist spezifisch leichter als die erste sind und gemeinlich nicht miteinander im Berührung stehen.

Mandelstein-Struktur, von der eben erst bezeichneten wesentlich verschieden, besizen jene Gesteine, in deren Hauptmasse sich leere, oder ganz oder theilweise mit, der Hauptmasse fremden Mineralien erfüllte Höhlungen vorfinden. —

Ausser den wesentlichen Gemengtheilen kommen in vielen, unter sich sehr verschiedenartigen Felsarten, auch beigemengte Theile vor; da wo diese lezteren mangeln, wird dadurch zwar das Wesen des Gesteins nicht geändert; allein sie können doch auch nicht selten für dasselbe bezeichnet angesehen werden. Sie sind meist in geringerer Menge als die wesentlichen Bestandtheile in einem Fossile vorhanden.

Die thierischen und Pflanzenreste, die Versteinerungen, welche in den Felsarten vorkommen, sind, als mehr oder minder ausschliessliches Eigenthum gewisser Gesteine, für dieselben charakteristisch. —

Übergänge entstehen durch die allmälige stufenweise Näherung zweier Gebirgs-Gesteine, die mehr oder minder von einander verschieden sind. Als Mittelglieder zwischen diesen haben die Übergänge mehr oder minder mit der einen oder der anderen beider Felsarten gleichen Charakter, oder sie sind beiden gleich entfremdet. Sie werden vorzüglich durch Wechsel in der Natur der bildenden Theile oder durch Änderungen in der Struktur hervorgerufen.

Verwitterung und Zersezung sind Änderungen, welche die Felsarten, in Folge der Einwirkungen der Luft, des Wassers, des Temperaturwechsels, durch Auflösung des Ganzen oder einzelner Theile, oder auch durch blose Trennung derselben erleiden.

Schichtung nennt man das Getheiltseyn der Massen nach grossen Weiten, oft ihrer ganzen Verbreitung nach, in gerade, gebogene, selten wagrechte Lagen oder Schichten' die nach oben und unten durch mehr oder minder deutlich erkennbare Flächen begrenzt sind. Die Schichtung findet durch meist ziemlich parallele Spaltungen (Schichtungsklüfte) Statt, ist mit der Gebirgsmasse gleichzeitig gebildet, bald deutlich bald schwer erkennbar und fehlt selbst manchen Gebirgsarten ganz; sie ist von zufällig stellenweise parallel-laufenden Spalten wesentlich verschieden. Die Mächtigkeit, Stärke der Schichten, — welche leztere bei unbeträchtlicher Stärke Bänke heissen, — ihr Schichtenfall oder ihre Neigung, sind sehr manchfach. Unter Streichen der Schichten, senkrecht auf ihre Falllinie, versteht man ihre Ausdehnung in die Länge nach einer bestimmten Weltgegend.

Absonderung findet Statt, wenn Gebirgssteine und ihre Felsmassen in mehr oder weniger regelmässig geformte, auf manchfache Weise geordnete Stücke getrennt sind. Die Absonderung scheint später entstanden zu seyn, als die Felsmassen, welchen sie zukommt. Man unterscheidet: Absonderungen in Parallelepipeden, säulenförmige, plattenförmige, kugelige und massige Absonderungen.

Zerklüftung ist Trennung der Felsmassen in bald senkrechte, bald regellos nach den manchfachsten Richtungen laufende, unter sich nicht parallele Risse und Spalten, die oft von den Textur-Verhältnissen bedingt sind. Die Atmosphäre hat auf dieselben entschiedenen Einfluss.

Gänge sind tafelartig oder plattenförmig gestaltete, bald geraden, bald gekrümmten Richtungen folgende Räume, die ganz oder theilweise mit Mineralsubstanzen erfüllt und hinsichtlich ihrer Struktur von den Gebirgsmassen unabhängig sind. Das Erfüllende heisst Gangart.

Lager sind plattenförmig gestaltete, mit den Schichten des sie umschliessenden Gebirgs gleichlaufende, eigenthümliche Mineralmassen, die sich zwar von der Gebirgsart mehr oder minder unterscheiden, mit ihr aber als von gleichem Alter betrachtet werden. Ihr Streichen, Fallen, ihre Erstreckung, Mächtigkeit sind in Betracht zu ziehen. Lager von grosser Mächtigkeit, bei verhältnissmässig geringer Erstreckung, heissen liegende

Stöcke. Stückgebirge werden jene Lager genannt, deren Mächtigkeit nicht übersehen werden kann. Sie werden von unten durch das Sohlen-, von oben durch das Dachgestein begrenzt; sie selbst keilen, spizen sich aus, sind abgeschnitten, oder verlieren sich, jedoch selten, im Gebirgsgestein; sie werden von Klüften, Adern, Trümmern, selbst von Gängen durchsezt. —

Die Lagerung einer Felsart bezeichnet die Stelle, welche dieselbe zwischen den übrigen sie umgebenden Gebirgs-Gesteinen einnimmt. Wenn die Schichten mehrerer mit einander vorkommenden Felsmassen auf gleiche Weise gegen eine wagrechte Ebene geneigt sind, so heisst die Lagerung gleichförmig, im entgegengesezten Falle ungleichförmig. Zu den Modifikationen derselben gehören die Anlagerung, Auflagerung, Einlagerung, u. s. w.

Wenn es gleich nicht möglich ist, eine wahrhafte Geschichte der Entstehungsweise der Felsarten zu liefern, so lassen sich doch aus den Bedingnissen der Lagerung für jene gewisse Unterschiede des Alters erkennen, gewisse Zeitabschnitte in der Gebirgs-Bildung annehmen. Man unterscheidet hiernach:

Urgebirge: sie zeichnen sich aus durch das Vorherrschende individueller Bildungen, durch das Krystallinische mit seltenen Übergängen ins Dichte; durch hohe Reinheit und festes Verbundenseyn ungleichartiger Theile; ihre Haupt-Bestandstoffe sind Kiesel- und Thonerde; von Versteinerungen sind sie gänzlich frei.

Die Übergangsgebirge kommen zwar in manchen Merkmalen mit den zuerst genannten Gebilden überein, besizen aber bei vielen Gliedern, weniger Eigenthümliches als diese; in ihnen kommen zuerst Versteinerungen vor.

Die Flöz-Gebirge sind reich an animalischen und vegetabilischen Resten und meist auf mechanische Weise entstanden: davon zeugen ihre, aus früherer Zerstörung älterer Gebirge hervorgegangenen Trümmer-Gesteine; das Dichte, Erdige ist ihnen, jedoch nicht ohne Ausnahme, eigen; ihr vorherrschender Bestandtheil ist Kalk.

Aufgeschwemmtes Land: ein Flaches, oft aufs Örtliche Beschränktes. Dahin gehören Rollsteine, Gruss, Sand, Erden, u. s. w.

Die Gestalt der Berge lässt nicht selten Vermuthungen über die Natur und Bildungsweise der Felsarten, aus denen jene

zusammengesezt sind, zu: denn alle grossen Gebirgs-Ganzen besizen in obiger Beziehung, ungeachtet der, durch mancherlei Umstände hervorgerufenen Änderungen in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit, mehr oder minder ausgezeichnete Eigenthümlichkeiten. Durch ihren Bestand, vorzüglich durch ihre Struktur- und Schichtungs-Verhältnisse und durch die Art ihrer Verwitterung üben die Felsarten manchfachen Einfluss auf das Physiognomische der Berge aus.

Wir wenden uns nun zu der gedrängten Beschreibung jener Felsarten, die in Deutschland vorkommen und zum Bauen verwendet werden. Was die zu Grunde liegende Klassifications-Methode betrifft, so muss bemerkt werden, dass sie die mineralogische sey, wornach die verschiedenen Felsarten nach Masse- und Struktur-Verhältnissen und anderen Beziehungen getheilt werden. Hienach ergiebt sich unten stehende Reihenfolge:

Feste Gesteine.

Ungleichartige; . .	krystallinisch körnige;		
	schieferige;		
	porphyrartige;		
Gleichartige; . .	körnige;		
	schieferige;		
	dichte; mit Säuern		stark brausende;
			schwach brausende;
			gar nicht brausende;
Scheinbargleichartige	schieferige;		
	porphyrartige;		
	dichte;		
	glasartige;		
	schlackenartige.		
Trümmer-Gesteine.			

Lose Gesteine.

II. Vorlesung.

Von den beim Bauen in Anwendung kommenden Felsarten. — Feste Gesteine. — Ungleichartige; körnige; schieferige; porphyrartige. —

Feste Gesteine.

Ungleichartige.

Körnige Gesteine.

Granit. Die bildenden Theile des Granites sind Feldspath, Quarz und Glimmer; sie wechseln unbestimmt durcheinander und sind mit einander unmittelbar und innig in körnig-krystallinischem Gefüge verbunden. Durch sie ist er von jedem anderen Gesteine sehr scharf geschieden. Die einzige, dem Granite in Beziehung auf Bestandtheile nahe stehende Felsart, der Gneiss, unterscheidet sich von ersterem durch die Art des Gefüges. — Die sehr manchfache Färbung des Granites ist von jener seiner bildenden Theile bedingt und sehr verschiedenartig. Sein Gemenge ist gleich- oder ungleichförmig, und wechselt vom Grosskörnigen herab bis zum Feinkörnigen; ebenso verschiedenartig ist das Mengeverhältniss seiner Bestandtheile.

Der am öftesten vorwaltende, und dadurch die Struktur der Felsart bestimmende Feldspath erscheint weiss, ins Graue, Grüne, Gelbe, Rothe übergehend, seltener schön fleisch- oder pfirschblüthe-roth, olivengrün, blau. Sein Gefüge ist meist blätterig, selten strahlig; seine Krystalle erreichen bisweilen eine Grösse von einigen Zollen. Im porphyrartigen Granite finden sich scharfkantige Körner und Krystalle von Feldspath bis zur Überladung häufig.

Die Farbe des Quarzes im Granite ist rauchgrau oder graulichweiss, seltener milchweiss, blau oder grün. Er kommt, meist minder häufig als der Feldspath, in kleineren und grösseren Körnern, bisweilen in Massen von mehreren Zoll Grösse und von regelmässig

abgeschlossenen Formen vor. Der Schriftgranit (hebräischer oder typographischer Stein), der selten, bisweilen gar keinen Glimmer enthält, hat seine Benennung von den darin liegenden, gewöhnlich grauen, auch braunen Quarzkrystallen.

Der Glimmer, der an Menge selbst dem Quarze meistens nachsteht, ist silberweiss, goldgelb, grau, violblau, tombackbraun, schwarz u. s. w. gefärbt. Er kommt in Blättchen oder Schuppen, in kleinen Gruppen, büschel- oder sternförmig-gehäuft, in rundlichen Parthien von Blättchen, selbst auch in Krystallen, selten aber in mehrere Zoll breiten Blättern oder grösseren Tafeln vor. Sein Gefüge ist blätterig, seltener strahlig, sein Glanz meist halbmetallisch.

Als stellvertretende Theile finden sich im Granite: Hornblende, Talk, Chlorit, Eisenglimmer, Turmalin u. s. w. vor; eben diese, dann Granat, Graphit, Magneteisen, u. s. w. treten auch als zufällige Beimengungen auf.

Der Granit geht über: in Gneiss, Glimmerschiefer, Syenit, Diorit, Feldsteinporphyr. Je nach Bestand, Härtegrad, Mengeverhältniss und ungleiche Verbindungsart der bildenden Theile des Granites, findet die Zersezung desselben mehr oder weniger schnell, theilweise oder gänzlich Statt; auch Schichtungs-Verhältnisse und Gangmassen wirken darauf ein.

Die Einwirkungen der Atmosphäre und des Wassers, welchen der ungeschichtete Granit minder als der geschichtete, der senkrecht zerspaltene am wenigsten zu widerstehen vermag, erstrecken sich oft bis in beträchtliche Tiefe des Innern der Granitmassen.

Der Feldspath, namentlich der blos krystallinische ist im Allgemeinen am meisten zu verwittern geneigt; er verwandelt sich in eine specksteinartige Masse oder in Kaolin und Thon, während Quarz und Glimmer sich noch mehr oder minder erhalten haben. Derselbe Fall findet oft bei dem Glimmer Statt; am unverwitterbarsten ist der Quarz.

Die Schichtung des Granites ist selten deutlich; oft sind die Massen nur durch ungemein häufige Klüfte in mächtige Lagen und Bänke getrennt. Säulenförmige Absonderung ist dem Granite nur selten eigen; häufiger ist er senkrecht in unregelmässige, prismatische Pfeiler oder in grosse, oft ungeheure, polyëdrische Blöcke zerspalten, auch in pyramidale, keilförmige oder in tafelförmige Massen zertheilt. Kugelige Absonderungen von 1 Fuss

bis 1 auch 2 Lachter Durchmesser, öfter lose übereinander liegend, kommen am öftesten im minder deutlich oder gar nicht geschichteten Granite vor.[15])

Die bedeutende Härte des Granites, die Unzerstörbarkeit welche ihm im Allgemeinen eigen ist, sein Vorkommen in grossen Massen, machen ihn dort zur Ausführung aller Arten von Bauwerken tauglich, wo er entweder häufig vorhanden ist, oder wo die Kosten seiner schwierigen Bearbeitung nicht in Betrachtung kommen.

Der klein körnige Granit verdient vor dem gross körnigen den Vorzug, da lezterer leichter verwittert und zerspringt als ersterer. Granite, in welchen der leicht sich spaltende Glimmer

[15]) Feldspath, Quarz, Hornstein, Thon, Barytspath, Syenit, Basalt, dann verschiedene Erde füllen im Granite gangartige Räume. Mehrere der oben genannten, dann Kaolin, Speckstein, Gneiss, Glimmenschiefer, Diorit, körniger Kalk u. a. m. bilden in demselben untergeordnete und fremdartige Lager.

Ein Theil des Granites wurde, als die Unterlage aller übrigen Felsarten ausmachen sollend, bis jezt als die älteste Gebirgsbildung erachtet; ein anderer, jüngerer Theil ruht auf Gesteinen, die jenem ältesten Granite gegenüber, als jüngere Gebilde zu betrachten sind; auch erscheint er mit diesen wechselnd.

Der Granit wechselt mit Gneiss (Granit-Gneiss); er ist über Glimmerschiefer, Alpen- und Jurakalk, in und auf Thonschiefer gelagert, ruht, mit Glimmerschiefer wechselnd, auf älterem Syenit. Er füllt Gänge im Gneiss; Glimmerschiefer, älteren Thonschiefer, Hornblende-Gestein und kömmt in Bruchstücken in Lavaströmen und als Auswürfling von Vulkanen, oft ohne die geringste Spur von Einwirkung vulkanischer Gewalten, vor.

Die granitischen Gebirge sind reich an malerischen Formen. Die hohen Granitgebirge sind meist schroff, mit spizigen, kahlen, zakigen, zum Theil mit ewigem Schnee bedeckten Gipfeln; gezackten Kämmen, steilen, nackten Wänden, tiefgefurchten, nach allen Seiten steil abfallenden Gehängen, tiefen, engsohligen, wilden Thälern. Die niedrigeren Granitberge steigen sanft an, verlaufen sich in ausgebreitete Ebenen. Die Bergrücken sind flach, die Gipfel meist abgeplatttet, die Abhänge bauchig, die Thäler weit und flach. Bemerkenswerth sind die oft weit gedehnten, mit einzelnen, zerrissenen Massen, Felsen besezten, unwirthbaren Bergebenen (Plateaus).

Der Granit ist eine der besonders häufig verbreiteten Felsarten. Mit Glimmerschiefer und Gneiss u. s. w. zugleich vorkommend, bildet er die eigentlichen Berge des Landes.

Vorkommen: Bayern; Oberpfalz, Bayrisch-Böhmisches Waldgebirge, linkes Donau-Ufer, von Regensburg abwärts. Gebirge des Odenwaldes und der Bergstrasse. Schwarzwald.

vorwaltet, sind wenig fest, halten die Feuchtigkeit und leiden durch dieselbe vom Froste; sie sind zum Bauen ebenso untauglich als jene Granite, in welchen Eisen-Erze eingesprengt sind, die mit der Zeit verwittern und das Gestein durchlöchern.

Bei den aus Granit aufgeführten Bruchsteinmauern ist ein regelmässiger Verband kaum möglich. Dicke Mauern aus Granit werden leicht feucht, weil der Granit kälter und zugleich ein besserer Wärmeleiter als Backsteine ist. Überdis verbindet sich der Kalk nicht so gut mit dem Granite als mit Backsteinen und Kalksteinen; je dünner aber der Mörtel angewendet wird, um so mehr wird seine mit den Jahren immer mehr zunehmende Verbindung mit dem Granite beschleunigt.

Granitische Bruchsteine werden am vortheilhaftesten zu Grundmauern, zum Bau von Wehren und Dämmen, zu Stüz- und Trockenmäuern, Brunnenschachten angewendet.

Zum Hausteingemäuer liefert der Granit ein treffliches, obgleich seiner Härte wegen kostbares Material. Ferner ist er zum Pflaster und zum Strassenbau vorzüglich geeignet.

Das spezifische Gewicht des Granites beträgt 2,57 bis 2,50. Eingemengte metallische Massen vermehren die Schwere desselben. [16])

Syenit (gemeiner). Feldspath, seltener Feldstein und Hornblende, im körnig-krystallinischen Gefüge einander

[16]) Zu den bedeutenderen aus Granit aufgeführten Bauwerken gehören: der Pont neuf zu Paris, die Quais an der Newa und am Katharinen-Kanal zu St. Petersburg; die Waterloo-Brücke in London; die Werften, Docken und der Hafen daselbst, so wie jene zu Liverpool.

Die Anwendung des Granites zu Werken der Prachtbaukunst und Bildhauerkunst verliert sich bis in die fernsten Zeiten des Alterthums. Die Obelisken Aegyptens werden auf 100 Fuss Höhe geschäzt. Der Schaft der aus Granit bestehenden Säule des Pompejus zu Rom ist 90 Fuss hoch. Das Fussgestelle der Bildsäule Peters des Grossen zu Petersburg misst auf der Grundfläche 42 Fuss in der Länge, 36 Fuss in der Breite und hat 21 Fuss zur Höhe; jede der 52 Säulen in der Casanschen Muttergottes Kirche zu St. Petersburg ist 29 Fuss 2 Zoll hoch und 3½ Fuss stark. Von allen oben genannten Werken ist jedes aus einem einzigen Stücke Granit gehauen.

Der feinkörnige Granit gestattet die schärfste Ausarbeitung von Gliedern und Verzierungen und nimmt eine treffliche Politur an; er dient deshalb um Gesimse, Ornamente, Vasen u. s. w. daraus zu arbeiten.

fest und innig verbunden, sind die bildenden Theile des gemeinen Syenites. Die Hornblende dient als Unterscheidungs-Merkmal des Syenites vom Granite, besonders dann, wenn im Gemenge des ersteren Quarz und Glimmer vorkommen.

Der Feldspath ist gewöhnlich der vorwaltende Gemengtheil; er kommt in groben, kleinen, feinen, auch in krystallinischen Körnern von rother, graulich- oder grünlich weisser, bisweilen auch schön himmelblauer Farbe vor.

Einzelne in der Gesteinmasse zerstreute Feldspathkrystalle finden sich im porphyrartigen Syenite.

Die Hornblende, das charakteristische Gemengtheil im Syenite, ist von dunkel lauchgrüner, graulich-schwarzer, schwärzlich-grüner Farbe und kommt in kleineren und grösseren krystallinischen Parthien, in nadelförmigen Gestalten, seltener in Krystallen vor.

An die Stelle der Hornblende treten Hyperstehn, Glimmer (granitartiger Syenit).

Das Gefüge des Syenites ist häufig vom mittlerem, doch auch von feinem und grobem Korne, auch neigt es sich zum Schieferigen (Syenit-Schiefer).

Unter die zufälligen Gemengtheile des Syenites gehören Quarz, Glimmer, Strahlstein, Zirkon, u. s. w.

Die Felsart geht über in Gneiss, Hornblende-Gestein, Thonschiefer, Trachyt.

Unter den Gemengtheilen ist es der Feldspath, welcher der Zerstörung am ersten unterliegt; er lösst sich in Kaolin auf. Die sehr oft auch leicht zersezbare Hornblende zerfällt in Thon. Manche hornblendereiche Syenite verwittern sehr leicht, hyperstenhaltige am schwersten. Zufällig beigemengter Quarz vermehrt die Dauer und Festigkeit des Syenites.

Der Syenit ist meist gar nicht, oder nur selten und fast immer undeutlich geschichtet. Bei wahrnehmbarer Schichtung sind die Schichten gewöhnlich sehr mächtig. Er sondert sich in fünf- auch sechsseitige, 6 bis 8 Fuss dicke, zum Theil 100 Fuss hohe, ungegliederte, sehr enge mit einander verbundene Säulen; ferner in kugelige Stücke, und in regellose Massen. [17])

[17]) Zu den Gangarten des Syenites gehören Feldspath, Quarz, Kalkspath, Diorit, Basalt; als untergeordnete, fremdartige Lager kommen in demselben vor: Quarz, Gneiss, Porphyr, körniger Kalk.

Als Baustein hat der Syenit seiner grossen Festigkeit, seiner beträchtlichen ungetheilten Massen wegen, hohen Werth. Er wird in dieser Beziehung ganz ebenso wie der Granit verwendet.

Diorit. (Ur- und Übergangs-Grünstein). Die bildenden Theile des Diorites sind Hornblende und Feldstein, oder Statt des lezteren, aber nur selten und mehr ausnahmsweise, Feldspath; sie bilden ein inniges, äusserst festes, grob- auch feinkörniges Gemenge.

Die Hornblende, von lauchgrüner, auch von graulich-, grünlich-, bräunlich-schwarzer Farbe, kommt in krystallinischen, blätterigen Parthien, auch in nadelartigen Krystallen vor, ist meist nicht sehr hart, bis zum Zerreiblichen.

Der Feldstein erscheint zum Theil regelmässig ausgebildet, obgleich unvollendet, meist in unbestimmbaren Krystallen, ist von Farbe grünlich- oder gelblich- weiss, beinahe glanzlos, nähert sich dem Erdigen. Gelblichweisse oder grünliche Feldspath-Krystalle im Hornblende- und Feldstein - Gemenge, bilden den porphyrartigen Diorite (Grünstein-Porphyr, zum Theil).

Hornblende und Feldstein sind im körnigen Gefüge des Diorites oft in ganz gleicher Menge vorhanden, doch waltet die Hornblende zuweilen, und mitunter so sehr vor, dass der Feldstein dem Auge unwahrnehmbar wird.

Zu den dem Diorite beigemengten Theilen gehören Quarz Glimmer, Diallagon, Granat, Eisenkies, u. a. m.

Er geht über in Gneiss und in Aphanit.

Der Syenit, früher zu den Gebilden der Urzeit gerechnet, wird in neuerer Zeit meist der Übergangsperiode beigezählt.

Er erscheint auf Granit gelagert, auf Gneiss ruhend, mit diesem wechselnd, demselben eingelagert, auf Thonschiefer liegend.

Die Syenitgebirge sind theils nicht sehr erhaben, mit abgerundeten Kuppen und Rücken, bauchigen Abhängen, weiten Becken; theils steigen die Berge mit spizigen Gipfeln, zackigen Kämmen hoch an; die Abhänge sind steil und wild, die einzelnen Felsen gäh abfallend, auch kugelförmig gestaltet.

Die Felsart ist wenig verbreitet, sie bildet kleine Bergzüge oder sezt einzelne Hügel zusammen.

Vorkommen: Bayrisch-Böhmisches Waldgebirge. Bergstrasse. Odenwald. Vogesen. Sächsisches Erzgebiege.

Durch von Aussen einwirkende Kräfte wird der Diorit mehr oder minder leicht zerstört, und lösst sich endlich in einen rothen, eisenschüssigen Thon, in Walkerde, zu einem braunen Gruss oder eisenschüssigen Sand auf.

Der Diorit ist nicht immer deutlich, aber stets sehr mächtig geschichtet. Er erscheint häufig säulen - oder kugelförmig abgesondert. [18])

Obgleich weit schwerer sprengbar als der Granit, ist der Diorit doch zerreiblicher als jener, er eignet sich desshalb wenigstens eben so gut zum Strassenbau. Als Pflasterstein angewendet fährt er sich leichter aus und läuft sich leichter glatt als der Granit. Er übertrifft den Granit an Tragvermögen, und taugt deshalb auch zum Mauerwerk, doch lässt er sich nur schwer regelmässig behauen, hält die Feuchtigkeit länger als Granit und scheint sich auch minder gut als dieser mit dem Mörtel zu binden.

Dolerit. (Flöz-Grünstein.) Die im krystallinischen oder körnigen Gefüge verbundenen, wesentlichen Gemengtheile des Dolerites sind: **Feldstein** und **Feldspath** in Körnern, krystallinischen Massen und Krystallen, von grauer, gelblicher, röthlicher oder grünlicher Farbe; dann **Augit**, gleichfalls in Körnern, krystallinischen Massen und Krystallen, von blätterigem Gefüge und schwarzer, dunkelgrüner, auch grünlichgelber Farbe; endlich **Magneteisen**, in Körnern fein eingesprengt, seltener in grösseren rundlichen Massen, in äusserst kleinen Krystallen, glänzend, von eisenschwarzer, selten von blauer Farbe.

[18]) Gangartige Räume im Diorite sind erfüllt mit Feldspath, Quarz, Kalkspath, u. s. w. — Quarz, Hornstein, Chloritschiefer auch Glimmerschiefer bilden darin fremdartige und untergeordnete Lager.

Die Lagerungs-Verhältnisse des Diorites, der theils dem Urgebirge angehört, theils zu den Übergangsgebirgen zu rechnen ist, sind sehr vielartig und abweichend. Der Diorit stets weniger selbstständig, als vielmehr anderen Formationen untergeordnet erscheinend, kommt vor als Lager, auch als Stückgebirge im jüngeren Granit-, Gneiss- und Glimmerschiefer-Gebilde; auf Serpentin gelagert und mit diesem in mächtigen Schichten wechselnd; in Kuppen über dem Grauwackengebirge hervorragend, einzelne Kuppen auf Übergangskalk zusammensezend oder dieser Felsart untergeordnet; mit Syenit wechselnd u. s. w.

In dem oft grob - oft klein - selbst auch sehr fein-körnigen Gemenge des Dolerites ist bald der Feldspath, bald der Augit vorwaltend, oft haben beide ein gleiches Mengeverhältniss.

Als beigemengte Theile finden sich Nephelin, schwarzer Granat, Sodalit, Glimmer u. s. w.

Der Dolerit geht über in Basalt und in Wacke.

Er verwittert im Allgemeinen leicht; am leichtesten der mandelsteinartige. Er geht ins Zerreibliche, Erdige von grünlicher Farbe mit beigemengten Kaolittheilen über.

Manchem Dolerite fehlt die Schichtung ganz, bei anderen ist sie nur angedeutet, zuweilen treten Abtheilungen in Bänke an ihre Stelle.

Die Felsart erscheint abgesondert in, bald nur wenige Zolle, bald sehr beträchtlich dicke Säulen von 9 bis 40 Fuss Höhe; in kugelige, zum Theil aus der Verwitterung der Säulen entstehende Massen.[19])

Der Dolerit eignet sich zum Pflastern und zum Strassenbau. Zum Mauerwerk ist er weniger tauglich, da er ziemlich leicht verwittert; und gerne Feuchtigkeit aus der Luft anzieht.

Die, durch das Abgerundete ihrer Formen ausgezeichneten Dioritberge sezen theils von vielen Seitenthälern eingeschlossene Gebirgszüge zusammen, deren einzelne Berge in kegelartigen Gestalten hoch ansteigen, und die auf ihren Abhängen mit zahlreichen vorragenden Kuppen besezt sind, theils sind sie minder hoch, oft nur Hügel, auch finden sich ebene, mit einzelnen niedrigen Felsen besezte Flächen, die von sanft abfallenden oder kesselförmigen Thälern unterbrochen werden.

Vorkommen: Im Dillenburgischen. Im Nassauischen. Am Harze. Fichtelgebirge. Sachsen. Schlesien. Böhmen, u. s. w.

[19]) Auf gangartigen Räumen kommen in Dolerit vor: Feldspath, Quarz, Kalkspath u. a. m.

Der Dolerit findet sich als Glied basaltischer Formationen, basaltischen Gesteinen, auch der Grauwacke aufgelagert; er ist dem rothen Sandstein eingelagert; ruht auf Glimmerschiefer und wird den älteren vulkanischen Felsarten beigezählt.

Die spizigen, kegelförmigen, mit Blöcken und Trümmern umlagerten Gipfel mancher hohen Berge bestehen aus Dolerit, dessen bisweilen fast senkrechte Felswände eine Höhe von einigen hundert Fuss erreichen; an seinen Berghängen laufen tiefe, sehr steile Schluchten hinab.

Vorkommen: Odenwald; Kaiserstuhler Gebirge im Breisgau; Mainthal zwischen Hanau und Frankfurt. Kurhessen.

Gabbro. (Serpentinischer Urgrünstein; Serpentinit; serpentinartiger Granit). Feldstein, Feldspath und Diallagon, minder häufig nur Feldstein und Diallagon, sämmtlich im körnigen Gefüge miteinander verbunden, sind die bildenden Theile des Gabbro. Er ist meist grau, bisweilen geblich oder grünlich gefärbt; sein Gemenge ist grob-, klein-, auch höchst feinkörnig.

Der Feldstein, öfter in der Masse vorwaltend, hat ausgezeichnet grob- und dick-splitterigen Bruch, selten ist er höchst feinkörnig.

Das Gefüge des, meist nur sparsam vorkommenden Feldspathes ist körnig, seltener blätterig, er kommt in krystallinischen Theilen und in Krystallen vor und durchschiesst im feinkörnigen Gabbro den Diallagon in Nadeln.

Der Diallagon (Smaragdite, Schillerstein), der niemals in Gabbro fehlt, mitunter selbst im Gemenge vorwaltet, erscheint in grossen Blättern von mitunter 6 Zoll Länge.

Dem Gabbro beigemengt sind: Nigrin, Hornblende, Glimmer, u. a. m. Dem Sepentin in Beziehung auf Lagerung und Bestandstoffe nahe stehend, häufig in denselben übergehend, verläuft sich der Gabbro auch ausserdem in Diorit, Granit und Thon-schiefer.

Die Felsaar ist ausserordentlich schwer zersprengbar; bei beginnender Zersezung derselben wird der Feldstein zuerst zerstört aus dessen Höhlungen dann die Blätter des härteren Diallagon hervorragen.

Der Gabbro ist nur selten, aber dann in ziemlicher, sich gleichbleibender Mächtigkeit geschichtet. Er erscheint oft durch unzählige Klüfte getrennt.[20])

In Hinsicht auf Anwendbarkeit beim Bauen kommt der Gabbro dem Diorite ganz gleich.

[20]) Gangarten im Gabbro sind: Quarz und Kalkspath. Als fremdartige Lager kommen vor: Serpentin, Kalkstein u. a. m.

Der Gabbro tritt theils an der Gränze der Ur- und Übergangs-, theils an jener der Übergangs- und Flöz-Gebirge auf.

Er ist auf Glimmerschiefer gelagert; ruht auf älterem Thonschiefer, auf Hornblendeschiefer; erscheint auf Serpentin, über dichtem Kalk gelagert, u. s. w.; liegt in aufgelöstem Serpentin in einzelnen Massen; nicht selten ist er aber auch ganz unbedeckt.

Hornfels. (Trapp; Kieselschieferfels.) Die aus splitterigem Quarz, Feldstein und sehr wenig Turmalin, bald deutlich, bald innig gemengte Masse des Hornfels ist von rauchgrauer, ins Schwarze ziehender Farbe, bisweilen auch schwarz, grünlich oder weisslich gestreift; hat fein splitterigen, ins Unebene gehenden Bruch und ein zwischen dem Feinkörnigen und Dichten die Mitte haltendes, lezterem sich nährendes selten schieferiges Gefüge.

Als zufällige Gemengtheile kommen in derselben vor: Hornblende, Glimmer, Quarz und Feldspath.

Der Hornfels geht in Granit und in Deorit auch in Quarzfels und Kieselschiefer über.

Er besizt einen hohen Grad von Festigkeit und verwittert desshalb nur sehr schwer.

Er ist stets deutlich geschichtet. Seine fast senkrecht stehenden Schichten wechseln an Mächtigkeit zwischen $\frac{1}{2}$ bis zu mehreren Fuss. [21])

Als Baustein wird er ebenso wie der Granit angewendet, auch ist er ein zum Pflaster und Strassenbau sehr gutes Material.

Schieferige Gesteine.

Gneiss. (Schieferiger Granit). Die wesentlichen Gemengtheile des Gneiss sind Feldspath, Quarz und Glimmer,

Die Gabbroberge sind steil, mit hohen Felsen besezt, ihre Abhänge stark gefurcht, tief eingeschnitten. Seine oft viele Meilen weit sich ausdehnenden Gebirge erreichen in einzelnen Bergen eine Höhe von mehreren tausend Fuss. Er bildet auch gesonderte, aus Ebenen einzeln emporsteigende Spizberge, und ist allgemein und weit verbreitet.

Vorkommen: Harz. Schlesien. Grafschaft Glaz. Harthegebirge. Unteröstreich. Mähren u. s. w.

[21]) Quarz und Turmalin füllen in Trümmern gangartige Räume im Hornfels; als untergeordnete Lager kommen in demselben vor: Quarz, Feldstein und Kalkstein.

Der Hornfels kommt auf Granit gelagert vor.

Er sezt theils ganze Gebirgszüge, theils die Kämme der Berge, theils blos einzelne, zuweilen kegelförmige Kuppen mit schroffen Wänden und klippigen Abhängen zusammen, und ist wenig verbreitet.

Vorkommen: am Harze. Harzeburger Forst; u. a. m.

nicht selten sehr deutlich, auffallend gegen einander contrastirend, im körnig schieferigen Gefüge verbunden.

Der Feldspath kommt darin in krystallinischen Theilen, in scharfkantigen Stücken von blätterigem Gefüge, in kleinen, auch sehr feinen, selten groben Körnern, in ausgebildeten, oft 8 bis 10 Zoll langen Krystallen vor, und ist weiss, grau, seltener fleischroth gefärbt; zuweilen nimmt er, in Feldstein übergehend, dichtes Gefüge an. Er macht bald den vorwaltenden Bestandtheil im Gneisse aus, bald kömmt er in demselben mit dem Quarze in gleicher Menge vor.

Die asch- auch rauchgrauen, weisslichen, braunen Körner des Quarzes, der im Gneisse bisweilen nur sparsam vorkömmt, oder darin oft ganz fehlt, haben Glasglanz, splitterigen Bruch und sind gewöhnlich kleiner als die des Feldspathes.

Der Glimmer, meist von grauer, ins Grüne, Schwärzlichbräune und Schwarze übergehender, seltener von weisser, am seltensten von grüner Farbe, — zuweilen in einer und derselben Gneissmasse verschiedenartig gefärbt — kommt im Gneisse fast immer häufiger als im Granite, in Blättchen, Schuppen, in Krystallen, im älteren Gneisse sparsamer als im jüngeren vor und je häufiger er sich findet, desto dünnschieferiger ist der Gneiss.

Als stellvertretende Theile finden sich statt des Glimmers bisweilen Talk, Chlorit, Hornblende, Epidot, Graphit.

Zu den mehr oder minder häufig im Gneisse sich findenden, für denselben mehr oder weniger charakteristischen Beimengungen gehören Granit, Turmalin, Disthen, Andalusit, Cordierit, Eisenkies, u. a. m.

Der Gneiss geht über in Granit, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Thonschiefer, Granulit, Syenit und Hornblende-Gestein.

Die meist von Aussen nach Innen fortschreitende Zerstörung des Gneisses beginnt mit dem Wechsel seiner Farbe ins Lichtere. Das Endresultat der Zerstörung ist die Auflösung des Gesteins in Gruss, in eine thonige, mit Glimmerblättchen und Quarzkörnern gemengte Masse. Der Feldspath wird in eine unrein gelbe oder braune Thonmasse auch in Kaolin, der Glimmer in Speckstein umgewandelt.

Die Felsart ist ausgezeichet deutlich und regelrecht geschichtet. Ihre Schichten sind von ungleicher, meist aber beträchtli-

cher Mächtigkeit. Zahlreiche Klüfte durchsezen die Masse des Gesteins nach allen Richtungen. [22])

Der Gneiss ist, vermöge seines schieferigenGefüges leichter zu gewinnen und zu verarbeiten als der Granit; er dient gleich diesem zum Hau- und Bruchstein-Gemäuer, doch ist er zum Wasser und Grundbau desshalb weniger als der Granit geeignet, weil er im Wasser und selbst in feuchter Erde leichter verwittert und zerfällt, wie denn der Gneiss weit lieber als jedes der vorher beschriebenen Gesteine die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre anzieht und festhält. Der sehr glimmerreiche Gneiss besizt wenig Dauer, ist desshalb zum Bauen untauglich.

Der Gneiss geht mit dem Mörtel ziemlich feste Verbindung ein. Zum Pflaster, wie zum Strassenbau, wird besonders der feinkörnige mit Vortheil angewendet.

Glimmerschiefer. Die bildenden Theile des Glimmerschiefers sind Quarz und Glimmer, im dick- und dünnschieferigen Gefüge verbunden.

[22]) Als Gangarten finden sich im Gneisse: Ametist, Achat, Granit, Basalt, Kupfer- und Bleierze u. a. m.

Zu den untergeordneten fremdartigen Lagern im Gneisse, von denen er jedoch in manchen Gegenden fast ganz frei ist, gehören: Feldspath, Feldstein, Quarz, Kalk u. s. w.

Manche Gneisse sind entschieden älter als gewisse Granite, andere mit solchen gleichzeitig oder folgen diesen unmittelbar im Alter.

Der Gneiss wechselt mit Thonschiefer, Grauwacke, Kalk; bildet Gänge im Glimmerschiefer, kommt in Bruchstücken im Gneisse, im Glimmerschiefer, im augitreichen Trachyte, im Granite vor; und erscheint als Trümmergestein durch eine Quarzmasse verkittet, (Trümmergneiss, Gneiss-Brekzie).

Die Gneissgebirge haben minder schroffe Umrisse, einen mehr einförmigen Charakter als die Granitgebirge, keine gezackten Gipfel, nichts Wildes, selten vorragende Felsen. Sie erheben sich treppen-, massenförmig, mit geringem Emporsteigen; ihre Abhänge sind selten schroff, ihre Schlüchten meist sanft, ihre Thäler breit, von unbedeutender Tiefe, wenn gleich stellenwetse jäh. Die grösseren Bergzüge des Gneisses haben selten vorragende Kuppen. Die kleineren Bergkettrn sind mit flachen Kuppen besezt. Zwischen den Höhen finden sich nur selten verbreitete Ebenen. Gneiss und Granit werden äusserst häufig mit einander angetroffen.

Zu den im Glimmerschiefer sich findenden Beimengungen gehören: Granit, Feldspath, Hornblende, u. a. m. Der Glimmerschiefer geht über in Gneiss, Granit, Hornblendschiefer u. s. w.

Das Resultat der Zersezung des, in der Regel viel später als der Thonschiefer verwitternden Glimmerschiefers ist ein unrein gelber, mit Quarzkörnern untermengter, glimmerreicher Thon; auch zerfällt das Gestein in feinen weissen oder gelblich braunen Sand, oder in eine röthlich-gelbe höchst feine Erde.

Die Schichtung des Glimmerschiefers ist ausgezeichnet und deutlich. Nicht selten ist er stark zerklüftet.[23])

Als Baustein ist der Glimmerschiefer von geringer Güte, zum Grund- und Wasserbau taugt er gar nicht, zum Pflaster und Strassenbau eignet sich nur der sehr quarzreiche. Dagegen ist er sehr feuerbeständig und desshalb zu Feuerungs-Anlagen sehr brauchbar; daher hat er auch den Namen Gestellstein. Endlich wird der feinschieferige, in gerade Platten sich spaltende Glimmerschiefer zum Dachdecken benüzt.

Dioritschiefer. (Grüsteinschiefer, Grünschiefer). **Feldstein** und **Hornblende**, in gerade und dickschieferigem, sehr häufig zum Körnigen sich neigenden Gefüge verbunden, bald der

Vorkommen: Bayern; um Passau. Spessart. Bergstrasse und Odenwald. Schwarzwald. Harz. Sächsisches Erzgebirge. Riesengebirge. Schlesisch-Mährisches Geblrge. Salzburg. Böhmen.

[23]) Der Glimmerchiefer ist unter den Urgebilden der reichste an manchfachen, nicht selten sehr mächtigen untergeordneten und fremdartigen Lagern.

Er nimmt im Urgebirge seine Stelle meist zwischen Gneiss und Thonschiefer ein.

Die meist grosse Bergebenen mit sanften, wellenförmigen Erhöhungen zusammensezende Felsart entbehrt der steilen, pralligen Höhen und der tiefen Thäler granitischer Hochgebirge. Ihre Berge haben viel Ähnliches mit denen des Gneisses mehr noch mit jenen des Thonschiefers.

Der Glimmerschiefer tritt in manchen Haupt-Gebirgsketten sehr ausgedehnt und mächtig auf; oft überdeckt er, ununterbrochen verbreitet, auf weite Strecken ältere Gebirge bis zu Höhen, welche von späteren Formationen nicht erreicht werden konnten.

Vorkommen: Fichtelgebirge; Baireuth. Im Hanauischen. Thüringer Waldgebirge. Erzgebirge Sachsens. Oberschlesien. Salzburg. Tyrol. Böhmen u. s. w.

eine, bald die andere vorherrschend, machen die bildenden Theile des Dioritschiefers aus.

Der meist graue, auch durch Hornblende unrein grün gefärbte Feldstein, kommt in der Masse des Gesteins in einzelnen rundlichen, kleinen Quarztheile einschliessenden, oder von sehr zarten Guarzadern durchzogenen Massen vor; auch wechselt er in sehr dünnen Lagen mit anderen, aus Feldstein und Hornblende gemengten.

Die Hornblende, von rabenschwarzer Farbe, bald deutlich blätterig, bald dicht erscheinend, ist dem Feldstein mehr oder minder innig beigemengt, oft darinn ganz verschmolzen, auch nur fleckweise in demselben vertheilt. Bei vorwaltendem Feldstein tritt die Hornblende im Dioritschiefer fast nur als porphyrartige Einmengung auf.

Im Dioritschiefer kommen als zufällige Gemengtheile vor: Quarzkörner, Glimmerblättchen, Granat, Leberkies, Titanit. Derselbe geht allmälig in Hornblendeschiefer über.

Er verwittert im Ganzen leicht und es zeigen sich dann bei demselben etwa die nemlichen Erscheinungen wie beim Verwittern des Diorites.

Der Dioritschiefer ist nicht immer deutlich geschichtet; seine öfter nur sehr schwachen, bisweilen aber auch sehr mächtigen Schichten kommen zum Theil senkrecht stehend, zum Theil in bogenförmiger Krümmung vor. Er wird häufig von Klüften durchsezt. [24])

Der Doritschiefer, leichter spaltbar als der Diorit, findet mit lezterem beim Bauen völlig gleiche Anwendung.

[24]) Als Gangarten kommen im Gestein Silber und Bleierze, von Flussspath begleitet, vor.

Diorit und ein schwärzlich blauer von schwachen Quarzadern durchzogener Schiefer bilden darin nntergeordnete Lager.

Der Dioritshiefer bildet mächtige, aber nur wenig verbreitete Lager im Gneisse und im Glimmerschiefer, ruht auf Gneiss, seltener auf Granit, wird von älterem Thonschiefer überdeckt, ist auf Glimmerschiefer und häufig zwischen diesem und Thonschiefer gelagert; in lezterer Felsart gelagert, wechselt er mit Hornblendeschiefer.

Die durch sanfte Gehänge besonders ausgezeichnete Felsart kommt im Allgemeinen im physiognomischen Charakter mit dem der schieferigen Gesteine überein und sezt die höchsten Bergkuppen zusammen.

Vorkommen: Harz. Fichtelgebirge. Erzgebirge Sachsens. Böhmen.

Porphyrartige Gesteine.

Feldstein-Porphyr. (Rother Porphyr; Hornstein-P.; Feldspath-P.). Die Hauptmasse dieser Felsart ist Feldstein; ihre Charakterfarbe, fast immer blass, meist nicht scharfbestimmbar, gleichmässig oder wechselnd in Streifen und Flecken, ist roth, ins Gelbe, Braune, Graue und Graulichschwarze, dann ins Lavendelblaue, Grüne und Weisse gehend; ihr Bruch ist grob- und feinsplitterig, oft selbst kleinmuschelig ins Ebene sich verlaufend.

In dieser Masse liegen als wesentliche Einmengungen Quarzkrystalle und Körner, von perl- und rauchgrauer, nelkenbrauner, gelblich- nnd graulichweisser Farbe, zuweilen in einerlei Masse verschiedenartig gefärbt; ferner krystallinisehe Theile und bisweilen über 1 Zoll grosse, meist undeutliche Krystalle von Feldspath, gelblich- und graulichweiss ins Grüne, dunkel fleisch- und braunlichroth gefärbt; endlich, aber weniger charakteristisch, mehr zufällig, Hornblende-Krystalle, Glimmer in Blättchen, Schuppen und Krystallen.

Innige Beimengungen von Quarztheilen machen die Hauptmasse hornsteinartig und verleihen ihr eine grössere Härte (Hornsteinporphyr); sie wird selbst bisweilen chalzedonähnlich. Bisweilen zeigt das Gestein ein etwas schieferiges Gefüge.

Die Grundmasse desselben überwiegt bald die übrigen bildenden Theile im Mengeverhältniss, bald ist sie stellen- und lagerweise von allen Einmengungen frei, bald erlangt auch das Gestein durch die Häufigkeit des darin vorhandenen Quarzes und Glimmers, besonders des Feldspathes, mehr eine körnige Struktur und es sind dann nur kleine Flächen der Hauptmasse bemerkbar.

Ins Mandelsteinartige übergergehend, umschliesst sie kleine Höhlungen, blasenähnliche Räume; bisweilen erscheint sie porös.

Der Feldstein-Porphyr mancher Gegenden umschliesst meist ziemlich gleich grosse Kugeln, theils von einer der Hauptmasse ähnlichen, theils von chalzedon- oder hornsteinartiger Substanz.

Als beigemengte Theile kommen im Feldstein-Porphyr manche Kiese, auch bisweilen Kalkspath, rother Granat, Epidot, Strahlstein vor.

Er geht über in Granit, in älteren Sandstein und in Gneiss.

Die Veränderungen, welche der Feldsteinporphyr durch äussere Einwirkungen erleidet, sind sehr manchfach, doch sezt er denselben meist einen kräftigen Widerstand entgegen, so dass jene nur auf Entfärben der Masse sich beschränken. Die Hauptmasse trozt gemeinlich der Zerstörung am längsten; Feldspath und Glimmer verwittern am leichtesten. Als Endresultat der Zersezung erscheint häufig ein erdiger Porphyr (sogenannter Thonporphyr, Thonsteinporphyr), oder ein mehr oder minder quarzreicher Sand.

Schichtung fehlt dem Feldstein - Porphyr entweder ganz, oder sie ist meist sehr undeutlich; ihre Stelle nehmen häufig Abtheilungen in wenig regelmässige Bänke ein. Die Schichten, in Mächtigkeit von 1 bis 10 Fuss wechselnd, stehen oft mehr oder weniger senkrecht.

Die Felsart erscheint abgesondert: in Säulen von 1 bis 18 Zoll Dicke, 5 bis 12, mitunter aber auch bis 60 Fuss Höhe, die senkrecht, oben etwas gekrümmt, in mehrere hundert Fuss langen Reihen parallel neben einander, dicht zusammen gefugt stehen; ferner in Platten (Platten - Porphyr). [25])

[25]) Gangarten im Feldstein-Porphyr sind Quarz, Chalzedon, Baryt- und Flussspath, Steinmark und mancherlei Erze.

Man unterscheidet eine ältere und eine jüngere Formation des zu den Urgebilden gerechneten Porphyres; in neuerer Zeit will man denselben als Glied der Übergangsperiode, oder als dem älteren rothen Sandstein zugehörig betrachten.

Der Feldstein-Porphyr bildet Lager auf Granit, von Thonschiefer oder von älterem Sandstein bedeckt, mit lezterem wechselnd; steigt aus dem älteren Sandstein- und Kohlengebilde empor, ist lezterem aufgelagert; überdeckt unmittelbar den älteren Sandstein oder ruht auf demselben in übergreifender Lagerung u. s. w. Er füllt gangartige Räume im Gneisse, im Thonschiefer; kommt in scharfkantigen Bruchstücken in Rollsteinen vor, bildet Konglomerate (Trümmerporphyr, Porphyr-Brekzie).

Der Porphyr sezt selten zusammenhängende Reihen, meist nur zerstückte, zerissene Gebirge zusammen. Seine hohen Kegel erheben sich, von einander unabhängig, steil, fast unersteiglich aus jüngeren Gebilden oder flachen Thälern. Die Kuppen sind rund, die Abhänge prallig, felsig, mit zahllosen Rollstücken überdeckt, die hohen Felswände schroff, klippig, die Thäler meist eng, die Schluchten tief, die grauenvollen Abgründe wild mit übereinander gehäuften Felsmassen überdeckt.

Vorkommen: Bergstrasse. Schwarzwald. Mittelrheinisches Gebirge; Donnersberg. Thüringer Waldgebirge. Gegend um Halle. Schlesien. Erzgebirge Sachsens sehr verbreitet. Harzgebirge. Tyrol. Böhmen.

Die Härte des Porphyres, seine Unzerstörbarkeit, sein dem Granite gleich kommendes hohes Tragvermögen, seine Trockenheit sind Eigenschaften, welche denselben als einen trefflichen Baustein bezeichnen, er wird desshalb auch zu allen Arten von Bauwerken, zum Pflaster wie zum Strassenbau mit Vortheil verwendet, [26])

[26]) Die bei der Prachtbaukunst in Anwendnng kommenden Arten sind: der rothe antike P. mit weissen und rosenrothen Flecken, vom Nil und rothen Meere; der braune antike P. von brauner Hauptmasse mit grünlichen Krystallen (Ruinen Roms, Vogesen, Elfdalen in Dalekarlien, mit röthlichen Krystallen); der grüne antike P. von grüner Grundmasse mit weissen und grünlichen Feldspath-Krystallen (Ostia, Blankenburg am Harze, Vogesen, Corsika, Pyrenäen); der schwarze antike P. von schwarzer Hauptmasse mit weissen Feldspathkrystallen (Ruinen Roms) ist selten, seine Fundort unbekannt. Korsikanischer Kugelporphyr von gelber ins Röthliche ziehender Grundmasse mit eingemengten Feldspathkrystallen.

III. Vorlesung.

Gleichartige Gesteine. — Körnige; schieferige; dichte Gesteine. —

Gleichartige Gesteine.

Körnige Gesteine.

Granulit. (Weisstein; Glasurstein). Die Hauptmasse des Granulits ist Feldstein; sein Bruch ist klein splitterig, sein Gefüge körnig, oft so kleinkörnig, dass es aus Dichte grenzt; es neigt sich zum Schieferigen.

Die Feldstein-Körner sind weiss, bisweilen auch röthlich, gelblich, grau, schwärzlich gefärbt, haben ein seifenartiges Ansehen und werden vom Messer nur wenig oder gar nicht gerizt; oft wechseln mehrere Farben in bandartigen Streifen.

Bisweilen wechseln körniger und schieferiger Granulit, beide einer und derselben Masse angehörend, mit einander und sind dann stets innig miteinander verwachsen.

Als beigemengte Theile finden sich in der Hauptmasse: Hornblende, Glimmer, Quarz, rother Granat. Turmalin, Disthen und Kupferkies.

Als unmerkliche Übergänge des Granulits werden bezeichnet, die in Dioritschiefer, in Hornblendeschiefer, in Granat und in Gneiss.

Die Felsart verwittert leicht. Sie ist, besonders die von schieferigem Gefüge, mehr oder minder deutlich geschichtet, häufig nach allen Richtungen gespalten und zerklüftet, selten regelrecht säulenartig gestaltet. [27])

[27]) Gangarten sind Ouarz, Barytspath; untergeordnete Lager: Granit und Serpentin, Hornblende, Syenit, Gneiss. Über das Alter des Gesteins herrscht Meinungsverschiedenheit. Es tritt am häufigsten aus Glimmerschiefer

Als Baustein kann der Granulit höchstens nur zum Pflastern und zum Chausséebau angewendet werden, zu Kunstwerken taugt er nicht.

Körniges Quarzgestein. (Urquarzfels, Flözquarz-Gestein). Die Hauptmasse der Felsart ist **Quarz**. Sie erscheint theils sehr krystallinisch, theils nur körnig, dann ins mehr oder minder deutlich Dichte von grob splitterigem Bruche sich verlaufend. Im Grossen ist das Gefüge zuweilen unvollkommen schieferig.

Oft besteht das Ganze aus nichts als mehr oder weniger regelrecht ausgebildeten Krystallen.

Besteht die Masse aus Körnern, so ist sie bald einfach, bald in Abstufungen, streifig oder gefleckt gefärbt, an den Kanten stark durchscheinend, giebt am Stahle Funken und ist ärter und glänzender als Granulit. Die Körner, von weisser, grauer, rother, brauner Farbe, sind klein und haben fettig glänzenden Bruch.

Als der Hauptmasse eingemengte Theile kommen bisweilen silberweisse Glimmerschuppen, Quarzkrystalle, seltener Körner und Krystalle von Feldspath, kleine Würfel aus Eisenkies vor.

Das Quarzgestein, welches sich dem Ansehen nach dem Sandsteine nähert, geht in Hornfels und in quarzige Trümmer-Gesteine über.

Obgleich häufig zerklüftet, widersteht besonders das dichte Gestein doch lange äusseren zerstörenden Einwirkungen. Die Felsart ist entweder gar nicht oder nur sehr undeutlich geschichtet; häufig ist sie in 5 bis 7 Fuss dicke, meist sehr steil stehende Bänke abgetheilt, die wieder in Säulen und Platten ge-

auch aus Thonschiefer hervor; ist dem sogenannten Urgranit eingelagert; bildet schwache Lager im Dioritschiefer.

Der, im Ganzen nicht sehr bedeutend verbreitete Granulit scheint hohen Gebirgsgegenden nicht eigen zu seyn. Er geht in hohen Felsen zu Tage aus und umschliesst enge, tiefe Thäler.

Vorkommen: Sächsisches Erzgebirge. Fichtelberg. Schlesien. Mähren. Österreich. Steyermark.

trennt sind. Keilförmige, oder auch stängeliche Absonderungen sind selten und fast immer undeutlich. [28])

Zum Bauen ist das Quarzgestein wegen seiner grossen Festigkeit, wegen des Scharfkantigen seiner Bruchstücke und wegen seiner Eigenthümlichkeit, von fast gar keinem Stoffe angegriffen zu werden, sehr tauglich. Es wird, weil es sich sehr gut, und mit den Jahren immer inniger, mit dem Kalke verbindet, mit Vortheil zum Grundbau und zum starken Mauerwerk über und unter der Erde und im Wasser angewendet. Beim Strassenbau liefern seine grossen abgerundeten Blöcke Randsteine. Die kleineren Geschiebe geben ein gutes Deckmaterial, welches aber, seiner scharfen Kanten und Ecken wegen, möglichst klein zerschlagen werden muss. [29]) Spez. Gewicht 2,75 bis 2,66.

Hornblende-Gestein. Die Hauptmasse dieses Gesteines ist Hornblende; das Gefüge ist blätterig, durcheinander gewachsen, strahlig-, klein- und bis zum anscheinend Dichten fein-körnig; die Masse ist rabenschwarz, dunkellauchgrün, graulichschwarz

[28]) Quarz und Turmalin, leztérer seltener, füllen gangartige Räume im körnigen Quarzgesteine, oder bilden häufiger Adern in demselben. Untergeordnete Lager kennt man bis jezt nicht.

Das Quarzgestein gehört älteren und neueren Bildungsperioden an; es kömmt mehr in untergeordneten Lagern als selbstständig, jedoch bisweilen auch weit verbreitet vor und sezt ganze Bergmassen zusammen. Es ruht in manchen Gebirgen unmittelbar auf Granit, oder wechselt mit Hornfels und Dioritschiefer, zuweilen ist es zwischen Gneiss und Glimmerschiefer gelagert. Es sezt theils einzelne Kuppen, besonders auf den Gebirgskämmen, theils ganze Rücken zusammen. Seine Berge und Kuppen zeichnen sich durch ihre spize Kegelform aus; es erhebt sich in mächtigen steilen Felsen, kahlen pralligen, oft hundert und mehr Fuss hohen Wänden, in schroffen Klippen aus anderen Gebirgsarten. Die Oberflächen seiner Massen sind oft von blendender Weisse. Allmälig der Zerstörung unterliegend, trennen sich meist sehr scharfkantige Blätter und Bruchstücke von dem Ganzen der Massen und bedecken oft in grosser Menge die Abhänge der Berge.

Vorkommen: Bayern; der Pfahl von Thierlstein über Viechtach bis Bodenmais, der Weissenstein bei Regen. Bergstrasse. Odenwald. Taunusgebirge. Harz. Erzgebirge. Böhmen u. s. w.

[29]) Um Paris, werden aus einem höchst fein körnigen, sehr porösen Quarze Mühlsteine von ausgezeichneter Härte gehauen.

Als fremdartige Gemengtheile kommen im klein- und feinkörnigen Gesteine Feldspath, Quarz, Glimmer, Granat, verschiedene Erze u. a. m. vor.

Durch äussere Einwirkungen zerklüftet die Felsart, deren feinkörnige Abänderungen sehr schwer zersprengbar sind, in einzelne Blöcke; endlich löst sie sich in eine grünlichgraue, thonige Masse auf.

Das Hornblendegestein zeigt, obgleich selten deutliche, Schichtung. Mitunter werden grosskugelige Absonderungen angetroffen. [30])

Die etwas leichter als Diorit verwitternde Felsart findet mit jenem Gestein gleiche Anwendung beim Bauen; nur zum Wasserbau ist sie untauglich.

Körniger Kalk. (Urkalkstein; salinischer, parischer auch kararischer Marmor). Die Grundmasse dieses Gesteines ist **kohlensaurer Kalk** von kristallinischem, körnig-blättrigem Gefüge; seine mehr oder minder rein weisse Farbe verläuft sich ins Gelbe, Grüne, Blaue, Rothe, Braune und Graue; oft wechseln verschiedene Farben in Flecken oder in Streifen. Sein Gefüge ist grobkörnig bis ins Dichte, zuweilen schieferig. Seine Körner sind, ohne alle Zwischenräume, mehr oder minder fest, genau miteinander verbunden.

Beim Zerschlagen, selbst bei blosser Reibung entwickelt der körnige Kalk einen eigenthümlichen Geruch; er brausst mit Säuren auf.

Als zufällige Beimengungen enthält die Felsart Glimmer, Talk, Hornblende, Quarz, Graphit u. a. m. Oft ist sie von allen

[30]) Als Gangarten kommen Feldspath, Quarz und Kalkspath, als untergeordnete Lager Feldspath, Quarz, Glimmer, Strahlstein u. s. w. vor; es finden bisweilen Übergänge in die leztgenannte Felsart Statt. Das Hornblende-Gestein gehört meist den älteren Gebirgsformationen an. Es bildet Lager im Gneisse und Glimmerschiefer, im Übergangskalke.

Seine Hügel sind meist flach, seine pyramyden-förmigen Kuppen haben abgestumpfte Gipfel und steile klippige Abhänge. Es ist im Ganzen wenig verbreitet.

Vorkommen: Sächsisches Erzgebirge. Fichtelgebirge. Böhmer-Waldgebirge. Salzburg. Kärnthen. Norddeutsche Ebene.

Beimengungen ganz frei; ebenso werden in derselben im Allgemeinen keine vegetabilischen oder thierischen Reste angetroffen.

Der körnige Kalk verläuft sich allmälig in Übergangskalk.

Er ist bald mehr, bald minder leicht zerstörbar, zerfällt in einzelne Blöcke, zerbröckelt sich und löst sich endlich in Erde auf.

Schichtung fehlt, zumal dem von fremden Gemengtheilen freien Gesteine entweder ganz, oder sie ist meist undeutlich; an ihre Stelle treten oft unregelmässige Abtheilungen in Bänke. Nur der glimmerreiche, körnige Kalk zeigt mächtige, bisweilen höchst deutliche Schichten. Der dünngeschichtete hat bisweilen ein schieferiges Ansehen und ist oft so mürbe, dass er sich zerreiben lässt. Spalten und Klüfte kommen häufig, Gänge aber selten vor; bisweilen zeigen sich Schnüre und Adern von Kalk- und von Braunspath, auch von Quarz. [31])

Der körnige Kalk wird sowohl als Bruch- wie auch als Haustein verwendet, ebenso eignet er sich auch zum Brennen. Da er zu weich ist, so ist er weder zu Plaster noch zum Strassenbau sonderlich tauglich.

Körniger Gyps. (Alabaster; schöner Mädchenstein). Die Hauptmasse ist körniger Gyps, von meist feinem, ins Schuppige und Blätterige übergehendem Korne und schneeweisser, ins Grünliche, Graue und Blaue, sich verlaufender Farbe.

[31]) Eisenkies, Brauneisenstein, Bleiglanz, verhärteter Thon u. a. bilden fremdartige Lager. Als eigenthümliche Einlagerungen sind die sogenannten Schaalen zu bezeichnen; sie bestehen vorzüglich aus verhärtetem Talk, Feldstein, Quarz, Asbest und anderen Fossilien.

Der körnige Kalk erscheint theils den Gebilden der Ur-, theils jenen der Übergangszeit untergeordnet; er sezt selten Stückgebirge zusammen, eben so selten findet er sich als Trümmergestein; er bildet Lager im Gneisse, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Syenite, im dichten Übergangskalke, Serpentin, u. s. w.

Er erhebt sich nicht selten zu beträchtlicher Höhe. Die Abhänge seiner schroffen Berge sind mit steilen, kahlen Felswänden besezt. Er ist ziemlich verbreitet.

Vorkommen: Bayern; Bayreuth, Wunsiedel, Bullenreuth. Bergstrasse. Sachsen. Schlesien. Salzburg. Tyrol. Schweiz. Kärnthen. Mähren. Böhmen.

Er brausst mit Säuren nur dann auf, wenn er thonige oder mergelige Beimengungen enthält Bisweilen ist er eisenschüssig.

Von fremdartigen Gemengtheilen ist die Felsart oft ganz frei, hin und wieder kommen darin Feuerstein, Stinkstein, Schaumkalk u. a. m. so wie auch organische Reste vor.

Der körnige Gyps geht in Kalkstein auch in Stinkstein über. Obgleich er im frischen Zustande ziemlich fest ist, so verwittert er dennoch leicht. Das Resultat seiner Zersezung ist Lehm und Gruss. [32])

Er ist theils gar nicht, theils unvollkommen, theils, und zwar besonders der sogenannte Ur- und Übergangs-Gyps, ziemlich deutlich geschichtet. Der Gyps ist nicht immer von Klüften durchsezt. Bisweilen zeigen sich grosse regellos kugelige Massen. [33])

Zum Mauerwerk ist nur der sehr kieselhaltige Gyps brauchbar: zu Wasserbauten ist er ganz untauglich. Von seiner Anwendung zum Mörtel wird weiter unten die Rede seyn.

Spezifisches Gewicht, 2,19.

[32]) Bemerkenswerth sind die Reste einiger alten Burgen Thüringens: in den aus Gyps erbaut gewesenen Mauern derselben, bildet der, mit einem Theile aufgelösten Gypses durchdrungene Mörtel grosszellige Massen, die Steine selbst sind ganz ausgewaschen.

[33]) Zu den Gangarten im Gypse gehören Gypsspath, Steinsalz, Schwefel u. s. w. Ein Theil des körnigen Gypses gehört der Übergangsperiode an; ob es wahren Urgyps gebe, ist noch zweifelhaft. Er kommt auf Kalk und Thonschiefer, auf Feldstein-Porphyr, zwischen Grauwacke, im Alpenkalk, oder zwischen diesem und Jurakalk, oder auch in neuerem Sandstein, in Salzthon und über Kohlensandstein gelagert vor. Ein Theil desselben ist neuer als Kreide und Grobkalk.

Der Gyps sezt meist kegelförmige Berge, selten mächtige, erhabene Massen zusammen; indessen finden sich mitunter Felsen von mehr als 200 Fuss Höhe. Meist bildet er Hügel und kleine Berge, die durch nicht weit erstreckte, aber tiefe Schluchten von einander getrennt sind und sich bald sanft, bald ziemlich steil aus flachen Gegenden erheben; er überdeckt die Gehänge oder Abdachungen der Gebirge; füllt häufig, mit geringer Mächtigkeit, den Grund von Hochthälern.

Der Gyps des Alpenkalks zeichnet sich durch die in demselben vorkommenden Höhlungen (Schlotten, Kalkschlotten) so wie durch die, mit jenen vorkommenden Erdfälle (Seelöcher) aus.

Vorkommen: in Bayern; Windsheim. Im Schmalkaldischen. Mannsfeldischen. Thüringen. Im Stollbergischen. Im Hollsteinischen. Im Salzburgischen. Tyrol. Hall. Harz u. a. m.

Dolomit. (Talkhaltiger Kalkstein); Kohlensaurer. Kalk, verbunden mit kohlensaurem Talke machen die Hauptmasse des Dolomits aus. Sein Gefüge ist ausgezeichnet körnig, oft mehr oder minder krystallinisch; das Korn ist klein, auch sehr fein, selten gross; das feinkörnige nähert sich dem Dichten von splitterigem Bruche. Die nur an wenigen Stellen sich berührenden Körner des Gesteines lassen sichtbare Zwischenräume; häufig hängen sie so lose zusammen, dass die Masse zerreiblich wird.

Hauptfarben des Gesteines sind Weiss-, Stroh- und Isabellgelb und Grau; die gelben Farben sind charakteristisch. Oft wechseln mehrere Farben in Flecken und Streifen. Der grobkörnige Dolomit zeigt auf der Bruchfläche perlmutterartigen Glanz. Bei dem ins Dichte übergehenden Dolomit wird der Glanz fettig und verschwindet endlich ganz. Das Mengeverhältniss der beiden Hauptbestandtheile des Dolomits ist sehr verschieden. Der Talkgehalt wechselt zwischen 3 bis zu 15 selbst zu 41 Prozent.

Der Dolomit enthält zuweilen Thon, auch Kieselerde, selbst Bitumen. Er entwickelt zuweilen, besonders der graugefärbte, beim Zerschlagen einen unangenehmen Geruch.

Der neuere Dolomit umschliesst viele drusenartige Räume und Höhlungen, die meist mit grauem, oder mit eisenschüssigem Thone erfüllt sind.

Bisweilen wird das Gestein brekzienartig, zuweilen rogensteinartig; manchmal kommt es in dünnen biegsamen Platten vor.

Als fremdartige Theile kommen, jedoch selten, im neueren Dolomit fast niemals, Glimmer, Talk, Turmalin, Quarz, u. a. vor Versteinerungen finden sich gleichfalls nur sehr selten im Dolomit.

Der neuere Dolomit geht in dichten Kalk über.

Die Felsart verwittert sehr leicht, sie zerfällt zulezt zu einem weisslichen Sande.

Die Schichtung des älteren Dolomits ist mitunter fast senkrecht; dem jüngeren Dolomit fehlt sie ganz; an ihre Stelle treten bei diesem bisweilen Abtheilungen in mehr oder minder mächtige Bänke. Senkrechte, in der Felsart meist sehr tief niedersezende Spalten und Klüfte, erstrecken sich bisweilen bis in das unter jener liegende Gestein. Unterirdische Gänge, geräumige

Höhlungen durchziehen die Bergmassen in manchfachen Richtungen. [34])

Die festeren Arten des Dolomits finden mit dem Kalksteine gleiche Anwendung beim Mauerwerk. Über seine Benüzung zum Mörtel das Nähere am gehörigen Orte. [35])

Schieferige Gesteine.

Talkschiefer. Talk, als die Hauptmasse dieser Felsart, in mehr oder minder schieferigem, bisweilen ins Faserige übergehendem Gefüge, erscheint weissgrau, ins Weisse, Grüne und Röthliche ziehend gefärbt, oft grün auf grauem Grunde gefleckt.

Fremdartige Beimengungen kommen nicht immer vor.

Der Talkschiefer geht unmerklich in Chloritschiefer, Thonschiefer, Glimmerschiefer über.

[34]) Der Dolomit gehört zum Theil den Gebilden der Urzeit an; als solcher macht er im Glimmerschiefer untergeordnete Lager aus, die bisweilen eine Mächtigkeit von 50 Fuss und darüber erreichen. Der, den jüngeren Felsgebilden angehörende Dolomit ruht auf Alpen- und Jurakalk, auf Mergel, buntem Sandsteine, auf einem quarzigen Trümmergesteine.

Der ältere Dolomit, nur stellenweise in bedeutender Verbreitung vorkommend, erhebt sich in hohen, spizzigen, mit schroffen Felsen, nakten Wänden besezten Bergen aus dem Glimmerschiefer. Der neuere Dolomit zeichnet sich da, wo er in beträchtlicherer, jenem des älteren Dolomits im Allgemeinen überwiegender Verbreitung auftritt, durch das Sonderbare seiner kegelförmig gestalteten Berge aus. Seine wundersam ausgezackten, thurmähnlich aus der Ebene emporsteigenden Felsen, erscheinen bald einzeln, bald in grosser Zahl nebeneinander, ohne sich zu berühren. Durch ihre Steilheit, ihr Senkrechtes selbst bisweilen Überhängendes gleichen sie Reihen ungeheuerer Basaltsäulen oder Trümmern zerstörter Vesten.

Der Dolomit erlangt bisweilen eine ungeheuere Mächtigkeit und reicht bis zur Alpenhöhe hinan.

Vorkommen: Bayern; um Bamberg, Sulzbach, Muggendorf, Streitberg und Gailenreuth, Amberg, Regensburg, Obereichstädt, Neuburg an der Donau. Schwäbische Gebirge. Im Mannsfeldischen. Westphalen. Österreich.

[35]) Die Alten benüzten die festeren Arten des Dolomit als Marmor. Reste am Palatinischen Berge zu Rom; Tempel des Jupiter-Serapis unweit Puzzuoli. Die berühmte biegsame Platte im borghesischen Palaste zu Rom.

Er besizt im Allgemeinen ziemliche Festigkeit, besonders in seinen unteren Schichten.

Er ist theils dünn, theils mächtig, oft mit starkem Fallen, öfter in zick-zackförmigen Biegungen geschichtet. [36])

Häufig dauerhafter als Glimmerschiefer, fiindet der Talkschiefer beim Bauen ähnliche Anwendung mit jenem Gesteine. [37])

Hornblendeschiefer. Die Hauptmasse des Gesteines ist krystallinische Hornblende, von rabenschwarzer, dunkel- unb schwärzlich- grüner Farbe, und von bald dick- bald dünnschieferigem, mehr oder minder ausgezeichnetem, meist geradem Gefüge. Die einzelnen, kleinen, glänzenden Hornblende-Theilchen durchkreuzen sich bald, bald folgen sie einer, den Schichten parallelen Hauptrichtung. Sie sind oft so ausserordentlich fest und innig miteinander verwachsen, dass man sie kaum unterscheiden kann.

Die oft ganz fehlenden fremdartigen Beimengungen des Glimmerschiefers erscheinen oft in so zarten Theilchen, dass die vorherrschende Hornblende sie ganz unsichtbar macht; es gehören dahin Feldspath, Quarz, Glimmer u. a. m.

Der Hornblendeschiefer geht über in Hornblendegestein, Glimmerschiefer, Dioritschiefer, Gneiss und Thonschiefer.

Die von zufälligen Gemengtheilen freie Abänderung ist der Verwitterung am wenigsten unterworfen.

[36]) Als Gangarten kommen in demselben Quarz und Kalkspath vor; der Zeichnenschiefer bildet darin untergeordnete Lager.

Der Talkschiefer gehört der Ur- und der Übergangszeit an. Er sezt theils ganze Berge zusammen, theils bildet er von Gneiss und Glimmerschiefer, seltener von Thonschiefer umschlossene Lager; er wird öfter von Hornblendeschiefer begleitet. Er gehört zu den wenig verbreiteten Felsarten.

Vorkommen: Bayern; Bayreuth, Thiersheim bei Wunsiedel, Fuchsmühle und Erbendorf in der obern Pfalz. Rheinisches Übergangsgebirge. Alpen. Im Salzburgischen.

[37]) Der **Topfstein** ist eine sehr feinkörnige, ins Dichte übergehende, meist grünlich-grau gefärbte Abänderung des Talkschiefers.

Er ist höchst feuerbeständig; widersteht ungemein den Einwirkungen von Luft und Wasser; ist schwer zersprengbar, aber ziemlich leicht zu schneiden, zu sägen, lässt sich drehen und dient nicht nur als Baustein, sondern auch zu Fertigung von Geschirren u. s. w.

Die Felsart ist meist sehr deutlich, jedoch nur mit geringer Mächtigkeit, oft sehr dünn, geschichtet. Häufige Klüfte durchziehen das Gestein in den manchfachsten Richtungen. [38])

Als Baustein wird der Hornblendeschiefer wie das körnige Hornblendegestein verwendet. Der dünnschieferige dient zum Dachdecken.

Dichte Gesteine.

Gesteine, welche mit Scheidewasser stark aufbrausen.

Übergangs-Kalk. (Hochgebirgskalk; Mittel-Kalkstein). Die reine, dichte, nur selten ein körniges Gefüge annehmende Kalkmasse ist theils durchaus gleichartig, theils auch nach allen Richtungen von kleinen, weissen, oder lichter als die Masse selbst gefärbten Adern durchzogen. Ihre Hauptfarben sind grau, in mehrfachen Abstufungen (sie ist für das Gestein charakteristisch), auch roth, gelblich, und schwarz. Die Färbung der Masse ist einfach, in mancherlei Abstufungen wechselnd, mehrfach in scharf von einander abgesonderten Flecken und Streifen geädert.

Der Bruch ist fein splitterig, neigt sich zum Ebenen, bisweilen auch zum Flachmuscheligen und zeigt stellenweise einzelne glänzende Theilchen; oder das Gefüge ist höchst fein körnig, manchmal selbst mehr oder weniger krystallinisch, jedoch mehr von schuppigem als körnigem Ansehen.

[38]) Als Gangarten kommen in demselben vor: Feldspath, Quarz, Granat, sogenannter Schriftgranit.

Strahlstein, Quarz, körniger Kalk, Gneiss, Delerit u. a. bilden darin untergeordnete Lager.

Der Hornblendeschiefer tritt selten selbstständig auf; er macht mehr oder minder mächtige Lager aus und gehört vorzugsweise den Gneiss- und Glimmerschiefer-Gebilden an; seltener findet er sich im Thonschiefer.

Die Gestalten seiner meist niederigen, einförmigen Berge haben wenig Charakteristisches. Er bildet nur selten aus manchfaltig zerrissenen Massen bestehende Felswände.

Vorkommen: Fichtelgebirge. Goldkronach bis Berneck. Erzgebirge. Thüringerwald. Schlesien. Salzburg. Tyrol. Schweiz. Norddeutsche Ebene. Böhmen.

Der Übergangskalk ist bisweilen reich an Kieselerde-Gehalt. Öfter ist er sehr stark durchscheinend. In seiner Grundmasse finden sich manchmal Zellen, und kleine Höhlungen.

Eine Abänderung der Felsart hat unvollkommen schieferiges, meist nur im Grossen deutliches Gefüge, ist stets mit Thon innig vermengt, brausst desshalb mit Säuren nur langsam auf, enthält öfter kleine Kalk- und Braunspath-Körner, ist graulichschwarz, auch grünlichgrau, stets unrein, gefärbt und bildet in der Regel nur untergeordnete Lager im gewöhnlichen Übergangskalke.

Als fremdartige Gemengtheile kommen darin mehr oder minder häufig vor: Kalk- und Braunspath, Feldspath, Quarz, Feuerstein, Asphalt, Bleiglanz u. a. m., oft ist er von solchen ganz frei. Eben so fehlen Versteinerungen bald ganz, bald sind sie im Gesteine nur sparsam vorhanden, bisweilen aber finden sie sich sehr häufig und in grosser Manchfaltigkeit in demselben. Denkwürdig sind die in der Felsart sich findenden ganz zu Braun-Eisenstein umgewandelten Holzzweige.

Die Felsart geht über in körnigen Kalk und in manche jüngere Kalksteine.

Nässe und Frost wirken mächtig auf die Zerstörung des Übergangskalkes ein, am schnellsten verwittert der mit Thon gemengte.

Schichtung fehlt der Felsart in den meisten Fällen, da wo sie Statt findet, ist sie undeutlich, regellos und von solcher Mächtigkeit, dass sie kaum wahrgenommen werden kann; bisweilen aber ist sie deutlich und dünn, namentlich bei der mit thongemengten Felsart von unvollkommenem schieferigem Gefüge. Der Übergangskalk wird von starken Klüften durchzogen und mit ihnen hängen die, für das Gestein mitunter charakteristischen Höhlungen und offenen Spaltungen zusammen. [39])

[39]) Gangartige Räume sind im Übergangskalke mit Kalkspath, Barytspath, Quarz, Eisenkiesel, Rotheisenstein, Thon, Lehm u. s. w. erfüllt. Zu den vielerlei Gesteinen, welche im Übergangskalke fremdartige und untergeordnete Lager bilden, gehören Kalkmergel, Quarz, Feldstein, Roth- und Brauneisenstein u. a. m.

Der Übergangskalk verdankt seine Bildung einer Reihenfolge mehrerer, in verschiedenen Zeiträumen stattgefundenen Niederschläge; er tritt, theils unmittelbar auf Gebilden der Urzeit abgesezt, vom Grauwacke und Thonschiefer überdeckt, als mehr selbstständiges, oft sehr erhabenes Gebirge auf, theils bildet er, mit Grauwacke und mit Thonschiefer wechselnd, auch diesen Fels-

Der Übergangskalk gehört in Beziehung auf seine Anwendung beim Bauen zu den wichtigsten Steinen. Er wird sowohl zum Bruch- als zum Hausteinmauerwerk häufig verwendet. Völlig gut hält er sich nur in trockenem Boden, oder (wenn ihm keine Erze beigemengt sind) beständig unter Wasser liegend, er dient desshalb mit Nuzen zum Bau der Wehre, Schleusen, zu Steinbekleidungen der Ufer. Zum Pflastern und zum Strassenbau ist er weniger geeignet. Er liefert gebrannt meistens einen sehr guten Kalk.[40])

Alpenkalk. Die Hauptmasse ist dichter Kalk; der Bruch ist grob oder feinsplitterig, lezterer verläuft sich bisweilen ins Ebene und Flachmuschelige; der dichte Bruch nähert sich bisweilen dem Erdigen; auch Übergänge ins unvollkommene körnige Gefüge kommen vor; Anlage zum Schieferigen zeigt sich

arten aufgelagert, oder denselben muldenförmig eingelagert, mächtige Lager und grosse Gebirgsmassen.

Die oft wahrhaft kolossalen, spizigen, kegelförmigen durch einen Charakter besonderer Wildheit meist sehr ausgezeichneten Berge des Übergangskalkes erreichen bisweilen eine Höhe von 10000 bis 13000 Fuss. Auf ihren Gipfeln ragen Nadeln und Hörner aus breiten Felsenmauern hervor; ihre sehr felsenreichen, steilen Abhänge sind mit schroffen Klippen, steten Einsturz drohenden Massen besezt. Die erhabenen, zerborstenen Kuppen bilden häufig, nur durch ihren Fuss verbundene Reihen von Pyramiden und Obelisken. Die meist hoch liegenden Thäler sind eng, tief, nicht weit erstrekt, durch senkrechte Felsen begrenzt, öfter unwirthbar, wild und mit Felsblöcken überdeckt.

Die Felsart kömmt häufig, jedoch in manchen Gebirgen nicht in grossen Massen vor.

Vorkommen: Sachsen, bis ins Baireuthische. Harz. Rheinpreussen. Gebirge zwischen dem Rhein, der Weser, Lippe und Lahn. Österreich. Tyrol. Salzburg. Mähren. Böhmen.

[40]) Die meisten politurfähigen Kalksteine (Marmore) sind Übergangskalk. Viele der erhaltenen Denkmale des Alterthums bestehen daraus. Er dient ferner zu Fundamentmauern, (in denen sich jedoch leicht Mauerfrass erzeugt), zu Gesimsen, Thür- und Fenstergestellen; zu Feuerungsanlagen, dann zu Grundmauern an Viehställen, Kloaken u. s. w. ist er aber untauglich. (In des Hrn. Dir. Klöden Abhandlung: *Anleitung zur Kenntniss der wichtigsten natürlichen Bausteine* (*Journal f. d. Baukunst*, *herausgeg. von Dr. Crelle u. s. w. IV. Bd. 1. u. 2. Heft.*) sind die verschiedenen Marmorarten aufgezählt).

selten. Die Felsart ist meist einfach, roth, unrein grau, lichtegelblich - und graulichweiss, seltener in Streifen oder Flecken gefärbt. Sie besizt ein eigenthümliches mildes, etwas schimmerndes Ansehen.

Mit der, meist ganz reinen Masse, finden sich bisweilen Thon, Galmei und Erdöl mehr oder minder innig gemengt.

In der dichtesten, festesten Masse des Gesteines kommen, besonders in den oberen Lagen, mitunter häufig, Höhlungen vor.

Von fremdartigen Beimengungen ist der Alpenkalk meist frei, bisweilen kommen vor: Kalkspath, Gyps, Bergkrystall, Feuerstein, Glimmer, Thon u. a. m.

Versteinerungen, welche oft ganzen Gebirgsstrecken der Felsart fehlen, kommen dagegen an anderen Stellen darin äusserst häufig vor.

Der Alpenkalk geht über in Jurakalk und in Übergangskalk, ferner in Rauchwacke. Er ist von nicht geringer Härte und widersteht daher zerstörenden äusseren Einwirkungen ziemlich lange, bis er endlich manchmal selbst in Sand zerfällt.

Der Alpenkalk ist nicht immer, ein Theil desselben nur höchst selten, geschichtet, die Mächtigkeit der oft sehr sonderbar gekrümmten Schichten zeigt sich sehr verschieden, ebenso das Fallen derselben. [41])

Der Alpenkalk findet beim Bauen mit dem Übergangskalke gleiche Anwendung.

[41]) Gangarten im Alpenkalke sind: Kalkspath, Barytspath, Bleiglanz u. a. m. Als untergeordnete und fremdartige Lager kommen vor: Gyps, Mergel, Thon, Dolerit, Sandstein u. s. w.

Der Alpenkalk ist der Grauwacke, dem Thon- und Kupferschiefer aufgelagert; er ist unmittelbar auf Thon- und Kieselschiefer abgesezt; und ist über Kupferschiefer gelagert.

Die Felsart sezt da, wo sie selbstständiger auftritt, beträchtliche klippige Berge und Bergzüge zusammen, deren steile, wilde, gewaltige Massen oft alle übrigen Gebirgsarten verdrängen und sich in einer, von diesen unerreichbaren Grösse erhalten. Die Rücken der hohen Alpenkalk-Gebirge sind kuppig, ausgezakt, scharf zugespizten Firsten ähnlich, die Gebirgsjoche hoch, felsig, schroff; die Berggipfel mit thurmähnlichen Felsen besezt; die Abhänge bald steil, klippig, oft senkrecht, bald sanfter; die gewaltigen Wände kahl, senkrecht; die Risse und Spalten nach allen Richtungen laufend, häufig zu fürchterlichen Schluchten geweitet.

Jurakalk. (Kohlen-Kalkstein). Die Hauptmasse ist **dichter Kalk**, von muscheligem, ins Blaue sich verlaufendem, auch, jedoch seltener, von splitterigem Bruche, bisweilen mit dem Körnigen sich nährendem, öfter mit rogensteinartigen Gefüge; mitunter schwammig; von stets sehr lichter, graulich-weisser oder gelblicher Farbe; von mattem oder nur sehr schwach glänzendem Ansehen.

Der reinere, fast nur aus kohlensaurem Kalke bestehende Jurakalk, enthält oft nur 2 bis 3 % Thon, mit etwas Eisenoxyd oder Talkerde. Durch zunehmenden Thongehalt, der von 3 und 4 bis zu 20 und 24 % wechselt, wird das Gestein mergelig.

An beigemengten Theilen kommen Kalkspath, seltener Eisenkies, bisweilen Hornsteinknollen vor; ferner finden sich scharfeckige Bruchstücke von schwärzlich grauen, kleinsplitterigen Kalksteinen im lichtegelblich-grauen Jura-Kalke von muscheligem Bruche, von diesem innig umschlossen.

Mancher Jurakalk ist sehr reich an verschiedenartigen Versteinerungen, anderen fehlen sie fast ganz.

Er geht über in Alpenkalk, Rogenstein, Mergel und in Kreide.

Die thonreichen Arten des Jurakalkes verwittern am leichtesten, sie zerfallen, und wandeln sich in thonigen Kalkboden um.

Die Schichtung des Jurakalkes ist sehr deutlich. Die Mächtigkeit seiner meist beinahe wagrechten Schichten, ist gewöhnlich gering, beim jüngeren Jurakalke ist sie dagegen mitunter ausserordentlich beträchtlich. Er wird von sehr zahlreichen Klüften und vielen weiten und langen Höhlen durchzogen; auch kommen Erdfälle häufig in demselben vor. [42])

Die weniger erhabenen Gebirge des Alpenkalkes bilden sanfter abfallende Höhen, gerundetere Berge, die jedoch längs den Flüssen meist ebenfalls sich steil senken oft schroff abgeschnitten sind.

Der Alpenkalk ist sehr allgemein verbreitet.

Vorkommen: Bayern; Füssen, Schwangau, Reichenhall, Ettal, Valdep um Tegernsee. Baden. Rheinpreussen. Mannsfeld. Thüringerwald. Harzgebirge. Oberschlesien. Tyrol u. s. w.

[42]) Als Gangarten werden im Jurakalke Kalkspath, Dolerit und Basalt, als untergeordnete Lager Mergel, Rogenstein, schieferiger Kalk, Gyps, Thoneisenstein, Hornstein angetroffen.

Der Jurakalk ist auf Felsarten von sehr abweichenden Alter gelagert; er überdeckt den Granit, ruht auf älterem, auch auf Quader-Sandstein und auf Alpenkalk.

Als Baustein wird auch der Jurakalk ebenso wie der Übergangskalk verwendet, doch müssen die thonigen und wassersaugenden Arten desselben verworfen werden, wie man überhaupt die Güte des Gesteines durch Aussezen der Witterung erproben muss.

Muschelkalk. (Jüngerer Flözkalk; Muschelmarmor). Die reine, dichte, ziemlich einfache, gleichartige Masse dieses Gesteins ist Kalk; Beimischungen von Kiesel- oder von Thonerde, von Kalkspath-Theilen oder Eisenoxyd bringen in derselben hin und wieder Veränderungen hervor; die zahllosen Versteinerungen, besonders Muscheln, welche sie umschliesst, sind für dieselbe charakteristisch. Der Bruch ist matt, feinsplitterig, fast eben, zuweilen aber auch flachmuschelig; in einzelnen Bänken zeigt sich das Gestein von körnigem Gefüge mit Rogensteinstructur, porös oder blasig. Es ist beinahe immer blass und einfach, grau, gelblich oder weiss gefärbt, seltener in verschiedenen Abstufungen gefleckt. Die grau gefärbten Abänderungen sind härter, werden selbst hornsteinartig; die gelbgefärbten, zumal die thonhaltigen gegen die Oberfläche hin liegenden, sind weich, mürbe, feinsandig.

Als beigemengte Theile kommen im Muschelkalke vor: Kalkspath, Schaumkalk, Bergmilch, Bleiglanz u. a. m. — Der Reichthum an manchfachen Versteinerungen, besonders an Muscheln, den der Muschelkalk besizt, dient als wesentliches Unterscheidungs-Merkmal desselben von älteren Flözkalken.

Der Muschelkalk geht über in Mergel, Kreide und in Sandstein. Er widersteht, ungeachtet seiner starken Zerklüftung, da wo er fest ist, der Zerstörung lange Zeit; durch Zersezung

Seine ausgedehnten Gebirge zeichnen sich durch lang gezogene Formen aus; ihre Rücken dehnen sich in fast ununterbrochener Einförmigkeit, seine abgeplatteten Gipfel oft zu Plateaus aus, und sind durch senkrechte Abfälle, wild aufgethürmte Felsenmassen begrenzt.

Er ist sehr weit verbreitet.

Vorkommen: Von Schaffhausen aus, fast ohne Unterbrechung durch Würtemberg (schwäbische Alp) und Bayern (bei Regensburg) bis an die Ufer des Mains und gegen Koburg hin. Am Harze.

wird er theils mergelartig, theils geht seine schwindende Härte ins Zerreibliche über.

Er ist ausgezeichnet deutlich und sehr gleichförmig, meist aber nur mit unbedeutender Mächtigkeit geschichtet. [43])

Der Muschelkalk giebt wegen seines meist sehr hohen Grades von Unzerstörbarkeit einen trefflichen Baustein, doch sind seine Schichten nicht alle von gleicher Güte und zu gleichen Zwecken anwendbar, wesshalb er vor dem Verwenden erst erprobt werden muss. Im Allgemeinen wird er ebenso wie der Übergangskalk benüzt.

Spez. Gew. des reinen Muschelkalkes, 2,671.

Grobkalk. (Jüngster Flözkalk). Die aus Kalk, oft aus einem unreinen Gemenge von kalkigem und kieseligem Sande, Thon u. dgl. bestehende Masse hat splitterigen, zum Theil ins Unebene mit gröberem und kleinerem Korne, theils ins Ebene sich verlaufenden Bruch, bisweilen zeigt sie sich unvollkommen schieferig; sie ist, meist sehr licht, unrein graulichweiss ins Aschgraue, grünlich- und gelblich-grau, ockergelb, gelbbraun, in grauen und braunen, mit einander scharf begränzt wechselnden Abstufungen, gefärbt; häufig enthält sie kleine Löcher.

Die Festigkeit des Grobkalkes ist sehr verschieden, sie verliert sich selbst bis ins Zerreibliche; sehr fest ist meistentheils die Abänderung, welche Steinkerne und Muschelabdrücke enthält. Der feinkörnigere widersteht der Zerstörung am längsten. Der sandartige, in den Gruben weiche Grobkalk wird an der Luft nach und nach hart. Bisweilen wechseln Lagen festen Grobkalkes

[43]) Hornstein, Gyps, Thon, Mergel, Sandstein, Kohlen u. s. w. machen in dem Gestein fremdartige und untergeordnete Lager aus.

Der Muschelkalk ruht theils unmittelbar, theils durch Thon- oder Mergelschichten getrennt, auf buntem Sandsteine, auch kommt er auf Alpenkalk, Gyps und auf Trümmergesteinen gelagert vor.

Er bildet meist nur niedere Anhöhen, mit gerundeten Gipfeln, oder auch Berge mit langen, schmalen, ebenen Rücken, sanften Abhängen, seltener mit felsigen, steilen Wänden; zum Theil ist er auch auf niederige, flache Gegenden, auf die Gehänge der Berge beschränkt. Seine Thäler sind weit und flach.

Vorkommen: Rhöngebirge; gegen die Fulda und Ulster. Würtemberg. Harzgebirge. Thüringen. Im Mannsfeldischen. Im Eichsfeld. Rüdesdorf.

wiederholt mit Lagen eines kalkig-sandigen, zerreiblichen, mit Muscheln erfüllten Grobkalkes.

Von beigemengten Theilen ist, mit Ausnahme der nicht sowohl versteinten als vielmehr beinahe immer kalizinirten Konchilien, der Grobkalk ganz frei; zu den in demselben sich vorfindenden gehören: Grünerde, Quarz, Glimmerschiefer, Gneiss, rother Sandstein u. a. m. Die, in den oberen Lagen des Grobkalkes sparsamer als in dessen mittleren und unteren Lagen vorkommenden Muscheln finden sich oft so häufig und so aneinander gedrängt, dass das Bindemitttel ganz verschwunden ist.

Der Grobkalk ist im Allgemeinen ausgezeichnet deutlich geschichtet. Die Mächtigkeit seiner meist wagrechten, geraden, unter sich parallelen Schichten ist bisweilen bedeutend, öfter aber sehr ungleich. [44])

Der Grobkalk findet beim Bauen gleiche Anwendung wie der Muschelkalk. Die Brücke von Neuilly, die Genoveva-Kirche zu Paris sind daraus (und zwar aus den Steinen der Brüche von Saillancourt) erbaut. [45])

[44]) Er ist zum Theil von häufigen Klüften stark durchsezt. Gänge kommen in demselben nicht vor.

Der Grobkalk, an Alter der Kreide und dem Knochen führenden Gypse nachstehend, ruht auf jüngstem Sandstein, auf kalkigem Trümmergestein, auf Gneiss u. s. w.

Die Berge des Grobkalkes sind niemals von beträchtlicher Höhe, meist nur rundliche Hügel, jedoch bisweilen mit steil abstürzenden Seiten. Häufig füllt der Grobkalk grosse Vertiefungen, weitgedehnte Becken, oder er macht den Grund von ziemlich weit erstreckten Ebenen aus.

Vorkommen: Rheinthal um Mainz. Gegend um Wien. Niederlande.

[45]) Der in der Umgegend von Paris sehr häufig vorkommende Grobkalk hat, je nach seinen verschiedenen Abänderungen und nach den manchfachen Zwecken zu welchen er benuzt wird von den Arbeitern eigene Namen erhalten, als da sind: der sehr feine Pierre de Liais, von erdigem Bruche, mit 7 bis 15 Zoll mächtigen Schichten, der eben so feine aber härtere Cliquart, im Bruche von frischerem Ansehen. Der Banc franc, mit dem vorigen unmittelbar zusammen hängend, häufig Muscheln enthaltend und 1 Fuss dick. Der sehr feste, selbst feinkörnige, mit Muscheln und Höhlungen angefüllte Pierre de roche, mit Schichten von 2 Fuss Mächtigkeit, ist einer der besten Bausteine jener Gegend. Der Lambairde, dessen Lager eine Mächtigkeit von 12 Fuss erreichen, der aber so weich ist, dass er mit einer gezahnten Säge geschnitten werden kann.

Kreide. Die in reinem Zustande aus kohlensaurem Kalke mit etwas wenigem Talk, Thon und Eisenoxyd bestehende Masse der Kreide ist theils weich, selbst locker, theils ziemlich hart; ihr Bruch ist daher bald fein- oder groberdig, bald eben, ins Unebene und Splitterige sich verlaufend; sie ist weiss, ins Gelbliche, ins Graue übergehend, selten schwärzlichgrau, öfter ist sie mergelig oder mit einem äusserst feinkörnigen, quarzigen Sande innig gemengt, und dann mehr oder minder rauh.

Als beigemengte Theile werden in der Kreide eine chloritähnliche Substanz, kohlensaurer Kalk und Eisenkies angetroffen. Die in der Kreide sich findenden Versteinerungen sind für dieselbe sehr charakteristisch.

Die Kreide geht über in dichten Kalkstein, in rogensteinartigen Kalk des Jura-Gebildes, in Quader-Sandstein und in Greensand.

Sie besizt oft einen bedeutenden Grad von Festigkeit, oft ist sie leicht zerstörbar.

Sie ist selten regelrecht und andauernd geschichtet. Häufig wird sie von beinahe senkrechten Spalten durchsezt. [46])

Die Kreide wird in manchen Gegenden als ein, mitunter sehr fester Baustein zu Quader- und anderem Mauerwerk angewendet, [47]) auch wird aus ihr auf besonders eingerichteten Öfen Mörtelkalk gebrannt; zum Pflaster- und zum Strassenbau ist sie untauglich. Der in der Kreide sich findende Feuerstein wird, wo er häufig genug vorkommt, weil er eine grosse Härte besizt,

[46]) Basalt, seltener auch Feuerstein erfüllen in der Kreide gangartige Räume. Als untergeordnete Lager kommen vor: Feuerstein, Mergel, Thon auch Walkerde. Die Kreide kommt auf Granit und auf Thonschiefer gelagert, auf Quader-Sandstein, Muschelkalk ruhend vor; wechselt mit Thon oder kreidenartigen Kalkschichten, mit Sandlager, und ist von Grobkalk, Thon, Sand u. s. w. überdeckt.

Die aus Kreide zusammengesezten Berge bilden, wenn sich gleich die Felsart im Allgemeinen nicht beträchtlich erhebt, doch malerische Parthien; ihre scharfen Rücken sind von engen Schluchten durchschnitten. Bemerkens werth sind die Reihen steiler Felsen, oft von mehreren hundert Fuss Höhe und von blendend weisser Farbe.

Vorkommen: Im Holsteinischen. Im Osnabrück'schen. Harz. Sachsen. Lausiz Schlesien. Böhmen. Mähren. Niederlande. u. a. a. O.

[47]) Die Abtei von Sturby in Berkshire in England, dann die Abtei St. Omar sind aus Kreide gebaut, noch vollkommen gut erhalten, und die Verzierungen an den lezt genannten Gebäuden haben noch ihre volle Schärfe.

und nur schwer verwittert, als Pflasterstein, auch als Baustein, endlich zur Strassenunterhaltung angewendet, indessen eignet er sich zu lezterem Gebrauch wegen seiner scharfen Ecken und Kanten nicht sonderlich.

Dichter Süsswasser-Kalk. Die bald rein kalkige, bald thonig, mergelig, selbst kieselig erscheinende Masse des Süsswasser-Kalkes ist weiss, grau, oder braun gefärbt, hat splitterigen, auch besonders im Grossen muscheligen Bruch; sie ist theils ziemlich fest, mitunter in solchem Grade, dass das Gestein Politur annimmt; theils ist sie beinahe weich, zerreiblich und färbt selbst bisweilen ab.

Im Gesteine finden sich Poren, kleine cylindrisch geformte, von unten nach aufwärts ziehende, beinahe immer vertical auf die Schichtungsklüfte treffende Höhlungen.

Beim Zerschlagen entwickelt namentlich ein Theil des lichtgefärbten und der mergelige Süsswasserkalk einen starken bituminösen Geruch.

Die in der Masse der Felsart mitunter in beträchtlicher Menge eingeschlossenen Süsswasser- und Landmuscheln sind für jene ein charakteristisches Merkmal; Meeres-Conchylien finden sich dagegen niemals in der Felsart, wohl aber vegetabilische und animalische Reste.

Der Süsswasser-Kalk ist leicht zersezbar, er spaltet sich in die dünnsten Platten und zerfällt endlich durch atmosphärische Einwirkungen.

Er ist nicht undeutlich, in den tiefer liegenden Massen jedoch auch gar nicht geschichtet. Die Mächtigkeit seiner meist wagrecht liegenden Schichten ist sehr ungleich. Er ist meistens sehr stark zerklüftet.[48])

[48]) Eigentliche Gänge kommen im Süsswasser-Kalke nicht vor; dagegen wird er häufig von, mit der Kalkmasse innig verbundenen, Feuerstein- und Hornstein-Adern durchzogen. Auch meist unzusammenhängende Lagen und rundliche Massen von Feuerstein und Hornstein finden sich darin vor.

Der Süsswasser-Kalk ist eines der neuesten Gebilde; er ist auf Thonschiefer, auf Sandstein gelagert, ruht unmittelbar auf älterem Kalke, liegt auf Merge, auf glimmerigem Sande, wechselt mit Schichten eines theils thonigen,

Als Baustein wird der Süsswasser-Kalkstein im Allgemeinen wie der gemeine Kalk verwendet. [49])

Kalktuff. (Tuffstein). Die Masse dieses Gesteines ist Kalk mit stärkerem oder geringerem Thongehalte; sie zeigt sich bald blasig, schwammig und porös, mit unregelmässigen, häufig überrindete vegetabilische Reste enthaltenden Löchern und Zellen; auch röhrenförmig und tropfsteinartig; bald ist sie dicht, hat splitterigen, ins Kleinkörnig - Unebene, ins Erdige und Zerreibliche übergehenden Bruch. Sie ist gelblich weiss, gelblich grau oder braun, seltener bräunlich-schwarz oder schwärzlich-grau, bisweilen in kreis - oder wellenförmigen Zeichnungen wechselnd, gefärbt.

Nicht selten finden sich im Kalktuff, am häufigsten in dem mehr mergelartigen, zerreiblichen, animalische und vegetabilische Reste. Durch atmosphärische Einwirkungen wird der zu Tag ausgehende Kalktuff leicht zerreiblich und zerfällt endlich zu einer grauen Erde.

theils kalkigen Mergels, mit Lagen von meist kalkigem Thone und mit Magnesit. Er tritt sehr häufig mit seiner ganzen Oberfläche frei zu Tage aus, oft auch ist er mit fruchttragender, zum Theil sehr sandiger Erde, auch von aufgeschwemmtem Lande bedeckt.

Der Süsswasser-Kalk erscheint, — theils mächtig und weit erstreckt, theils auf wenig ausgedehnte Streifen, auf einzelne Stellen beschränkt, — an den Gipfeln von Hügeln, über grosse Plateaus ausgebreitet, seltener in Thalgründen. Seine Hügel erheben sich mitunter 400 Fuss über das Niveau benachbarter Flüsse. Er ist weit verbreitet.

Vorkommen: Franken; Würzburg, Grafenrheinfeld u. s. w. Würtemberg, Baden u. s. w.

[49]) Hier ist noch einer in Italien vorkommenden Abänderung der Felsart, des Travertino zu erwähnen, der, bisweilen fester als körniger Kalk, häufig zellen- und blasenartige Räume enthält und zu Hochbauten angewendet, auch zu Bildwerken verarbeitet wird. — Ferner gehören hieher noch: der aus lauter festen Fasern bestehende, in dünnen Stücken durscheinende faserige Süsswasser-Kalk, der aus krystallinischen Körnern zusammengesezte, in den Kalkhöhlen zapfenartige Tropfen bildende Tropfstein. Beide Arten kommen, bei ihrer Verwendung zu Kunstwerken unter dem Namen antiker, orientalischer oder Kalkalabaster vor, der jedoch nicht mit den Gypsalabaster verwechselt werden darf. Man unterscheidet dabei den geaderten Alabaster (Onixmarmor) den geflekten und den einfarbigen Alabaster.

Nur der weit erstrekte, mächtige Kalktuff ist geschichtet oder in Bänke abgetheilt, öfter bildet er nur regellose Haufwerke grösserer Massen. Die Mächtigkeit seiner Schichten, die in der Teufe oft 2 bis 6 Fuss beträgt, misst nach oben oft nur wenige Zolle. [50])

Der Kalktuff, namentlich der sehr dichte, wird wie gemeiner Kalkstein zum Bauen benüzt, und sowohl zum Bruch- als selbst auch zum Haustein-Mauerwerke verwendet; es ist dabei aber Vorsicht nöthig, da nicht alle Abänderungen dieser Felsart gleiche Festigkeit besizen. Mancher Kalktuff erhärtet an der Luft immer mehr. Der poröse Kalktuff, der wie jeder andere sich leicht und schnell mit dem Mörtel verbindet, eignet sich, wenn er fest ist, seiner Leichtigkeit wegen vorzüglich zur Konstruktion flacher Gewölbe.

Gesteine, welche mit Scheidewasser schwach aufbrausen.

Mergel. Die aus **Kalk** bestehende Hauptmasse enthält bald Thon, bald Kiesel, bald Sand, bald diese Theile zugleich, in verschiedenartigen Mengeverhältnissen. (Kalk-, Thon- und Sand-Mergel). Der unebene Bruch neigt sich zum Splitterigen, wird im Grossen flachmuschelig, oder geht auch ins Erdige über. Öfter zeigt sich im Grossen Anlage zum Dick- und Geradeschieferigen (Schiefer-Mergel; Mergelschiefer). Selten ist die Felsart porös; sie erscheint unrein weiss, graulich, grünlich, röthlich braunlich, bald einfach bald verschieden, fleckweise, band-, wol-

[50]) Der Kalktuff gehört zu den ältesten Gliedern der aufgeschwemmten Gebirgs-Bildungen. Er bildet Lager bis zu 50 und mehr Fuss Mächtigkeit, ruht am häufigsten auf sogenanntem Schuttlande, auf Rollstein-Lagern, auf jüngerem Flöz, und namentlich auf Muschelkalk; seltener ist er über Quader-Sandstein, am seltensten auf älteren Felsarten gelagert; er wird oft nur von Dammerde überdeckt, manchmal bildet er Bänke zwischen Schichten von Thon und von Sand. Er sezt, wo er zu Tage ausgeht, nakte Felsen zusammen, und ist sehr ungleich verbreitet.

Vorkommen: Homburg am Main unterhalb Würzburg. Um Heidelberg. Thüringen. Braunschweig. Elmgebirge, unweit Königslutter. Um Meissen. Am Harze. Aachen, u. s. w.

kenartig gefärbt. Mancher Mergel, namentlich der schieferige, enthält eine ziemliche Menge Bitumen.

Seine Härte wechselt vom Festen bis zum Weichen, Zerreiblichen. Der Mergel vom blätterigem Gefüge schwillt im Wasser auf, erweicht und zerfällt endlich zu einem rauhen Pulver oder lösst sich in eine teigartige Masse auf.

Zu den fremdartigen Beimengungen, von denen jedoch der Mergel häufig ganz frei ist, gehören Glimmer, chloritähnliche Theile, Quarz, Strahlbaryt u. a. m. Ebenso enthält nicht jeder Mergel Versteinerungen. [51])

Der Mergel sollte vor dessen Verwendung zum Mauerwerke, wozu er wie der gemeine Kalk angewendet wird, den Einwirkungen der Witterung ausgesezt werden, weil er leicht reisst; da zugleich an feuchten Ort der Mauerfrass sich in dem Gesteine erzeugt, so benuzt man es nur an trockenen Orten. Er ist mitunter zum Kalkbrennen geeignet. Hievon weiter unten.

Stinkkalk. (Stinkstein; dichter Lucullan.) Die aus Kalk bestehende Masse, von splitterigem, theils ins Flachmuschelige, theils ins Unebene, Erdige sich verlaufendem Bruche, ist grau, braun auch schwärzlich, meist dunkel, einfach oder wechselnd, wolkenartig, gestreift gefärbt und zeichnet sich durch einen eigenthümlichen, bald dem geschwefelten Wasserstoffgase,

[51]) Übergänge des Mergels finden Statt in Kalkstein, Sandstein, Lehm, auch in Kreide. Untergeordnete Lager bilden in demselben Stinkkalk, Thongyps, Sandstein und Steinkohlen.

Der Mergel, ein Glied älterer und neuerer Kalkgebilde, dessen Massen bisweilen eine Mächtigkeit von 100 und mehr Fuss erreichen, kommt in dünneren Lagen im Alpenkalke, in stärkeren im Jurakalke vor; ist dem Muschelkalke aufgelagert: ist ein wesentlicher und steter Begleiter des Gypses; wechselt mit porösem Quarzgesteine, mit Gliedern der Steinkohlen-Formation; dient ungeheneren Sandebenen als mächtige Grundlage u. s. w.

Die Gebilde des Mergels verbreiten sich nur in ganz flachem Gelände oder erheben sich aus solchem nur in niederen Hügeln. Obgleich ziemlich allgemein verbreitet, tritt der Mergel doch nie wirklich vorherrschend auf.

Vorkommen: Franken; Mainthal, ober- und unterhalb Würzburg. Oberpfalz; Amberg. Niedersachsen, sehr allgemein. Harz. Um Dresden und Meisen. Oberlausiz. Schlesien. Niederrheinisch - Westphälische Gebirge. Meklenburg. Hannover. Holstein. Schweiz. Böhmen.

bald mehr dem Bitumen ähnlichen Geruch aus, den sie in stärkerem oder schwächerem Grade beim Reiben oder Rizen oder bei der Erwärmung entwickelt.

Mit dem Gesteine innig verbundene Kalkspath-Theile verleihen demselben bisweilen eine körnig-blätterige Struktur. Bisweilen erscheint es körnig abgesondert, manchmal auch schieferig.

Als Einmengungen kommen im Stinkkalke blos Hornstein und Schwefel, und auch diese nur hie und da vor.

Von organischen Resten ist die Felsart gleichfalls meist frei.

Sie geht in Mergel über.

Der Stinkkalk verwittert sehr leicht, wird erdig, mürbe, zerreiblich und zerfällt endlich ganz.

Er ist öfter gleichmässig und regelrecht, in verschiedener Mächtigkeit geschichtet; meist stark zerklüftet, senkrecht nach zwei vsrschiedenen Richtungen zerspalten; hie und da von schmalen Kalkspath-Adern und Gängen durchsezt. [52])

Anwendung beim Bauen, gleich jener des gemeinen Kalkes.

Rauhstein. Die mit thonigen, kieseligen Theilen und wenigem Bitumen gemengte **Kalkmasse** ist grau, meist braun gestreift, gefärbt von splitterigem bis ins groberdige gehenden Bruche, bisweilen von unvollkommenen, seltener deutlich-schieferigem Gefüge.

Der Masse des Gesteins sind bisweilen Kalkspath, Schaumkalk, Eisenkies beigemengt.

Die Felsart geht in Stinkkalk, Mergel, Rauchwacke und Asche über.

[52]) Lagen eines bituminösen Thones sind die einzigen fremdartigen Beimengungen, welche im Stinkkalke angetroffen werden.

Die Felsart gehört den Flözkalk-, auch den Steinkohlen-Gebilden an; sie ruht auf Alpenkalk; wird von Gyps überdeckt; findet sich, jedoch seltener, im bunten Sandsteine und im Muschelkalke; kömmt in Trümmern, durch eine rauchwackenartige Masse, oder durch einen mergelichen oder thonigen Kitt verbunden vor; (Stinkkalk-Brekzie; Trümmer-Stinkstein; rothschirbliches Gebirge).

Der Stinkkalk sezt schroffe Hügel mit felsigen Gehängen zusammen und findet sich in manchen Gegenden in nicht unbeträchtlicher Verbreitung.

Vorkommen: Im Mannsfeldischen. Thüringen. Im Stollbergischen. Im Hohensteinischen. Harz. Riesenberg. Kurhessen. Tyrol, u. a. a. O.

Sie ist nur selten, und dann nur in geringer Mächtigkeit geschichtet. [53])

Die festen Abänderungen des Rauhsteines werden beim Bauen wie der gemeine Kalkstein angewendet.

Rogenstein. (Oolith; Cenchrit). In einem theils rein kalkartigen, theils mehr thonigen Teige liegen runde, ungleich grosse, oft gleichartige Kalkkörner in eigenthümlicher Verbindung und in grösserer und geringerer Menge, und von rauchgrauer, bräunlicher, weisslicher, gelblicher, mit der Masse gleicher, oder von dieser verschiedener Färbung. Das Klein- und Feinkörnige geht allmälig ins Dichte über, oder es entsteht ein splitteriges, äusserst festes, Kalkspath-Theile enthaltendes Gestein. Bisweilen wird das Gefüge deutlich schieferig. Beigemengte Theile hat der Rogenstein im Ganzen nicht aufzuweissen, wohl umschliesst er aber organische Reste. Er geht in Kalk, Mergel und in Sandstein über.

Der sehr mächtig geschichtete Rogenstein, besonders der klein- und feinkörnige, verwittert nur sehr schwer

Die Felsart ist deutlich und sehr gleichförmig, jedoch meist nicht sehr mächtig, bald wagrecht, bald fast senkrecht geschichtet, häufig zerklüftet, und schliesst bisweilen Höhlungen ein. [54])

[53]) In derselben finden sich Thonlagen, auch Streifen aus Stinkkalk.

Sie kommt über Rauchwacke, auch unmittelbar über Alpenkalk vor; ist dem Stinkkalke, der Rauchwacke, der Asche eingelagert und erscheint in rundlichen Massen in den Lettenschichten jener Felsgebilde.

Der Rauhstein ist sehr wenig verbreitet.

Vorkommen: Thüringische und Mannsfeldische Gebirge, u. s. w.

[54]) Gänge werden im Rogenstein selten, Erze nie angetroffen.

Er tritt bisweilen selbstständig, mächtig, weit verbreitet auf, öfter aber kommt er andern Felsarten untergeordnet vor.

Er findet sich im Alpen- und im Jurakalke; wechselt mit buntem Mergel, mit jüngerem Sandstein u. s. w.

Der Rogenstein bildet da, wo er mehr selbstständig auftritt, eigenthümlich gestaltete, oft bis zu 1000 Fuss absoluter Höhe sich erhebende Berge, bedeutende Felsenabstürze.

Er ist nicht allgemein, aber in manchen Gegenden bedeutend verbreitet

Vorkommen: Thüringen. Um Weimar. Mannsfeld. Halberstadt. Im Anhalt'schen. Braunschweig. Harz. Baden. Juragebirge. Kanton Basel u. s. w.

Der Rogenstein wird zwar zum Bauen angewendet, aber nur der in regelrechten Platten brechende ist dazu als sehr dauerhaft wohl geeignet; der zerklüftete zerfällt bald an der Luft.

Gesteine, welche mit Scheidewasser gar nicht brausen.

Phonolith. (Klingstein; Porphyrschiefer; Hornschiefer) Die Masse der Felsart ist Feldstein, von unebenem, splitterigem, ins Gross- und Flachmuschelige übergehendem Bruche, und von grauer, ins Grüne, Braune übergehender, nie rein schwarzer Farbe, meist ohne Glanz, nur hie und da schimmernd; bisweilen nimmt sie schieferartiges Gefüge an, mitunter zeigt sie sich wahrhaft flaserig.

Als wesentliche Einmengungen kommen im Phonolithe Feldspath-Krystalle, ausserdem noch Magneteisen, Hornblende, Glimmer u. a. vor.

Der Phonolith geht über in Aphanit, in Basalt und in Trachyt.

Ein Theil desselben widersteht den von Aussen auf ihn zerstörend einwirkenden atmosphärischen Kräften sehr, ein anderer Theil unterliegt denselben in Folge häufiger Zerklüftung leicht. Das Resultat der ganzen Zersezung ist eine thonartige, graue oder braune, poröse, rauh sich anfühlende Masse.

Nur der Phonolith von schieferartigem Gefüge zeigt sich deutlich, regelrecht geschichtet. Die bisweilen nur 2 Zoll mächtigen Schichten stehen meist senkrecht, seltener liegen sie horizontal. Senkrecht niedergehende Klüfte sondern das Gestein in vier-, fünf-, auch sechsseitige Säulen; wagrechte Klüfte trennen es in Platten.[55])

[55]) Gangartige Räume führen Quarz und Nathrolith.

Der Phonolith findet sich fast immer in der Nähe des Basaltes und des Trachyts und möchte mit diesem wohl auf gleiche Weise entstanden seyn.

Er ist dem Granite aufgesezt, auf Gneiss gelagert; ruht auf rothem Sandsteine u. s. w.

Er bildet weniger zusammenhängende Gebirgsreihen als einzelne, kegelförmige, bisweilen sehr spiz auslaufende oder gewölbte Berge, die gezakt, klippig, mit schroffen Wänden, von den sie umgebenden Bergen meist überragt, von diesen durch tiefe Schluchten geschieden und auf ihren Abhängen mit grossen losgerissenen Massen und Trümmern des Gesteines überdeckt sind.

Der Phonolit ist ein treflicher Baustein. Seine Festigkeit, Trockenheit, seine geringe Zerstörbarkeit, sein häufig plattenförmiges Brechen, machen ihn zum starken Mauerwerk gleich dem Porphyr sehr tauglich, indem er zugleich ebenso wie der leztere mit dem Mörtel sich bindet. Er eignet sich auf gleiche Weise zum Pflaster und zum Strassenbau.

Kieselschiefer. (Gemeiner und jaspisartiger Kieselschiefer; lydischer Stein; Trapp; Hornschiefer u. s. w.). Die mehr oder minder thon-, kohlenstoff- oder Eisenoxyd haltige Kieselmasse ist dicht, hat ebenen, theils ins Muschelige, theils ins Unebene und Splitterige übergehenden Bruch und ist schwarz, grau, grünlich, braun und roth gefärbt.

Die Felsart ist meist von Einmengungen frei, nur selten finden sich darin Eisen- und Leberkies und Eisenocker.

Sie geht über in Thonschiefer; verwittert nur sehr schwer.

Sie ist theils höchst deutlich, theils sehr mächtig und dann schwer bestimmbar geschichtet. Die das Gestein nach allen Richtungen häufig durchziehenden Klüfte bewirken säulenförmige Absonderungen. [56])

Zum Mauerwerk wird der Kieselschiefer ebenso wie der Quarzfels, mit dem er ganz gleiches Verhalten hat, angewendet. Ferner ist er zum Pflastern und als Deckmaterial zur Strassen-Unterhaltung sehr geeignet.

Die im Allgemeinen nicht sehr verbreitete Felsart findet sich mehr oder weniger häufig in allen basaltischen Gegenden.

Vorkommen: Rhöngebirge. Siebengebirge. Oberlausiz. Böhmen u. s. w.

[56]) An die Stelle von Gängen treten im Kieselschiefer Adern von Quarz, seltener von Chalzedon und von dichtem Brauneisenstein.

Der Kieselschiefer gehört den Übergangs-Gebilden an; er bildet meist untergeordnete Lager in anderen Felsgebilden, seltener kömmt er selbstständig auftretend vor. Er ist auf Grauwacke und Thonschiefer, mit denselben wechselnd, gelagert; ruht, von Diorit überdeckt, auf Grauwackenschiefer; liegt zwischen Hornfels und Thonschiefer u. s. w.

Der Kieselschiefer sezt kegelförmige, schroffe Berge mit oft weit hervorragenden, zackigen Felsenmassen, klippigen Gehängen zusammen; der Fuss der Berge ist mit ungeheueren Schutthaufen abgestürzter Stücke und mit Gerölle überdeckt; die mit hohen pralligen Felswänden besezten Thäler sind eng, tief.

Vorkommen: Bayern; um Hof, Fuchsmühle. Mittelrheinisches Gebirge. Niederrheinisch-Westphälisches Gebirge. Sachsen. Oberlausiz. Niederschlesien. Böhmen u. s. w.

IV. Vorlesung.

Scheinbar-gleichartige Gesteine. — Schieferige; dichte; glasartige; schlackenartige Gesteine. — Trümmer-Gesteine. — Lose Gesteine.

Schieferige Gesteine.

Thonschiefer. (Ur- und Übergangs-Thonschiefer; Grauwackenschiefer). Die Masse des Gesteines ist ein höchst feines und inniges, anscheinend gleichartiges Gemenge aus Glimmer, Quarz, Feldspath und Talk; ihr Gefüge ist ausgezeichnet schieferig, ihr Bruch theils splitterig, theils erdig; ihre Farbe grau, roth, unrein grün, braun oder schwarz. Einiger Thonschiefer neigt sich zum Talkigen, anderer enthält Kohlenstoff u. s. w.

Fremdartige Beimengungen, als: Glimmer, Talk, Chlorit u. s. w. fehlen im Thonschiefer bisweilen ganz. Versteinerungen kommen nur im neueren Gesteine vor.

Er geht über in Alaunschiefer, Kieselschiefer, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Gneiss, Grauwacke u. s. w. Der Thonschiefer ist im Ganzen weich, indessen widersteht aber namentlich der mit Quarzkörnern durchsezte oder der mit dünnen Quarzlagen wechselnde der Zerstörung ziemlich lange.

Er ist sehr ausgezeichnet, meist mächtig geschichtet; wird von Klüften häufig durchsezt.[57]

[57]) Als Gangarten kommen darin vor: Qnarz, Kalkspath, Barytspath, körniger Gyps u. a. m. Zu den im Thonschiefer sich findenden untergeordneten und fremdartigen Lagern gehören Quarz, Feldspath, Chloritschiefer, u. s. w.

Ein Theil des Thonschiefer-Gebildes wird der Urzeit, ein anderer der Übergangszeit beigezählt. Er erscheint als dem älteren Gneisse aufgelagert, in Wechsel mit Grauwacke, Porphyr, Diorit u. s. w.; ist auf Grauwacke und auf schwarzem Kalke gelagert u. s. w.

Die Benüzung des Thonschiefers beim Bauen ist sehr beschränkt; zum Wasser- und zum Strassenbau untauglich, wird nur der dicksplitterige zum Mauerwerk, namentlich zu Gewölben angewendet, da er sich leicht keilförmig zurüsten lässt. [58])

Pporphyrartige Gesteine.

Trachyt. (Trapp-Porphyr; Granit-Porphyr). Die Grundmasse des Trachyts ist ein höchst feinkörniges Gemenge mehrerer Substanzen, in welchem, von denselben sehr scharf und bestimmt abgesondert, Krystalle glassigen Felspathes als charakteristische Einmengungen liegen; sie ist graulich, gelblich, grünlich und röthlich gefärbt, von grobsplitterigem und unebenen, ins Erdige sich verlaufenden Bruche und meist von mattem Ansehen; bisweilen besteht sie auch nur aus ziemlich reinem Feldspath; sie enthält manchmal, und dann oft in grosser Menge, kleine Höhlungen, Zellen, so dass sie stellenweise porös wird.

Ausser dem Feldspathe sind dem Trachit noch hie und da Glimmer, Hornblende, Titanit u. a. beigemengt.

Übergänge des Trachyts finden Statt in Basalt, in Obsidian und in schlackenartige Gesteine.

Der Thonschiefer bildet, wagrecht geschichtet, sich weit erstreckende Ebenen und Plateaus; da wo er, aus Tiefen, in beträchtlicher Höhe sich erhebt, sezt er wellenförmige Berge, mit gedehnten, sanft gerundeten, sparsam mit ebenfalls rundlichen Kuppen besezte Rücken zusammen; eigentliche Felsenbildung zeigt er nur da, wo die Berge von tiefen Thälern durchschnitten sind, oder wo erstere sich von den Flussufern erheben. Seine Verbreitung ist ziemlich allgemein.

Vorkommen: Franken. Oberpfalz. Fichtelgebirge. Rheinlande. Westerwald, Taunus. Hundsrücken. Harz. Oberschlesien. Sachsen. Tyrol. Schweiz.

[58]) Am häufigsten wird er zum Eindecken von Dächern benuzt, er muss dann aber frei von Schwefelkiesen, von Kohle und von Kalktheilen seyn.

Anhang.

Der **Alaunschiefer**, der **Kupferschiefer** der **Schieferthon** so wie der **Brandschiefer** sind Felsarten, die ihrer leichten Verwitterbarkeit wegen nur in Nothfällen bei dem Bauen in Anwendung kommen und deshalb hier keiner näheren Bezeichnug werth sind.

Der Kupferschiefer liefert indessen Belegplatten und wird mit dem Brandschiefer und Schieferthone hie und da zum Dachdecken benuzt.

Die durch äussere Einwirkungen allmälig zersezte Felsart, wandelt sich endlich in reine gelbliche Erde um.

Mancher Trachyt ist gar nicht oder höchst unvollkommen, anderer deutlicher geschichtet.

Mehr oder minder häufige Klüfte bewirken tafel- und säulenartige Absonderungen der Massen, auch finden sich hie und da Höhlen im Gesteine.[59])

Der feste Trachit ist sehr trocken, verwittert nicht leicht und bindet gut mit dem Mörtel, er wird deshalb zum Bauen mit Nuzen angewendet. Der lose, leicht zerreibliche Trachyt taugt aber nicht dazu. Der poröse dient wegen seiner Leichtigkeit zur Construktion von Gewölben, (Köllner-Dom).

Aphanit. (Trapp-Porphyr; Basalt-P.; dichter, auch basaltartiger Grünstein; Hornfels; Porphyrschiefer): Die Hauptmasse ist ein so inniges Gemenge von Feldstein und Hornblende, dass beide nicht von einander unterschieden werden können; sie ist dicht, glanzlos; von unvollkommenem, muscheligem, ins Ebene, auch ins Splitterige übergehendem Bruche und unrein dunkelgrün, grau, schwarz, seltener bräunlich oder röthlich gefärbt; bisweilen erscheint sie blasig. Durch mehr oder minder häufig eingeschlossene Feldspath- und Hornblende-Krystalle erhält sie Porphyr-Gefüge. Zu den, dem Aphanit mehr zufällig beigemengten Theilen gehören Augit, Glimmer, Granat u. s. w.

Der Aphanit zeigt nicht nur Übergänge inden ihm nahe verwandten Diorit, sondern auch in andere, ihm fremde Felsarten.

[59]) Pechstein, Obsidian und Perlstein auch Erze bilden Lager im Trachyt. Der Trachyt, den vulkanischen Gebilden zugehörig, ist im Ganzen von ziemlich neuer Entstehung. Er erhebt sich aus Granit, aus dem Grauwacken-Gebilde; ist auf Syenit und auf Porphyr gelagert u. s. w.

Der Trachyt sezt bald einzelne, mitten aus Ebenen emporsteigende, bald mehrere auf einander gehäufte, durch Höhe und Gestalt ausgezeichnete Berge von regelmässiger, kuppelartiger Form zusammen. Die Gipfel der Berge sind theils mit thurmähnlichen Spizen besezt, theils eben, gegen die Mitte eingesenkt. Er ist ziemlich häufig, oft sehr weit und in bedeutender Mächtigkeit, die bisweilen 14 bis 18000 Fuss beträgt, verbreitet.

Vorkommen: Siebengebirge, Gleichberge zwischen Feldbach und Radkersburg, u. a. a. O.

Er erleidet durch äussere, meist das Ganze treffende Einwirkungen bedeutende Veränderungen. Die dichte Hauptmasse wird erdig, zerreiblich.

Die Felsart ist meist regellos, ungleichförmig, seltener deutlich geschichtet, bisweilen säulenartig abgesondert.[60])

Der Aphanit kommt in seinem Verhalten völlig mit dem Diorit überein und kann also ganz so wie dieser beim Bauen angewendet werden.

Dichte Gesteine.

Serpentin. Die dichte Masse des Serpentines ist ein höchst fein körniges, und deshalb scheinbar gleichartiges Gemenge von Diallagon und Feldstein. Sein bald grob- bald feinsplitteriger Bruch verläuft sich ins Ebene und Flachmuschelige; er erscheint grün, ins Braune, Graue, Schwärzliche, bald einfach, bald verschiedenartig, in Streifen, Flammen, Adern gefärbt; besizt Magnetismus, selbst Polarität.

Mancher Serpentin ist reich an vielartigen Einmengungen, dahin gehören Diallagon, Feldstein, Talk, Granat, Erze; anderer ist ganz frei davon.

Der Serpentin ist im Allgemeinen sehr zerstörbar.

Er ist meist gar nicht oder doch nur sehr undeutlich geschichtet, nach allen Seiten von häufigen Klüften durchzogen.[61])

[60]) Als Gangarten kommen in demselben Qnarz, Kalk- und Barytspath, seltener Flussspath; als fremdartige Lager Qnarz, Kalk und Glimmerschiefer vor.

Der Aphanit ist ein Glied der Übergangsgebilde; er erscheint auf Syenit und Diorit, mit diesen wechselnd, ferner auf schwarzen Kalkstein gelagert und als mächtige Gangart im Übergangsthonschiefer und im Kalke.

Er sezt mächtige, steile, fast senkrechte Felsenreihen mit hohen, daraus emporsteigenden, von abgefallenen Blöcken wild umlagerten Wänden zusammen; seine Bergmassen sind von engen Klüften durchschnitten.

Vorkommen: Um Dillenburg. Fichtelgebirge. Harz, u. a. a. O.

[61]) Auf gangartigen Räumen und in Adern umschliesst derselbe Asbest, Speckstein, Qnarz, u. a. m.

Der Serpentin ist ein Glied mehrerer Formationen verschiedenen Alters. Er findet sich auf Gneiss gelagert; mit Glimmerschiefer, Übergangskalk, Hornblende wechselnd; ist dem Gabbro untergeordnet; ruht auf demselben und auf dem Übergangskalke; wird von Grauwacke, Thonschiefer, Kalk überdeckt, u. s. w.

Der Serpentin steht dem Marmor an Tragkraft und Festigkeit nach; ist aber sehr feuer- und wetterbeständig und wird deshalb sowohl als Mauerstein wie auch zum Pflaster und zum Strassenbau verwendet, läuft sich aber leicht glatt.[62])

Basalt. (Basanit, Zechstein). Die sehr dichte und harte Masse des Basaltes besteht aus innig gemengten Theilen von Augit, Feldspath oder Feldstein und Magneteisen; sein Bruch ist unvollkommen-flachmuschelig und geht theils ins Feinsplitterige, theils ins fein-, klein- oder grobkörnig Unebene über, grenzt auch bisweilen aus Erdige; seine Farben sind das Bläulich- und Schwärzlichgraue. Der sogenannte basaltische Mandelstein (mandelsteinartiger Basalt) enthält, mehr oder minder häufig, bald leere, bald mit verschiedenartigen Substanzen erfüllte Blasenräume.

Beigemengte Theile fehlen dem Basalte zum Theil ganz; zu den darin mehr oder weniger häufig vorkommenden gehören: Mesotip, Harmoton, Chalzedon, Augit, Feldstein, Hornblende, Glimmer. Ferner finden sich in dem Gesteine Bruchstücke von Granit, Gneiss, feldspathreichem Syenit, Grauwacke. Übergänge des Basaltes finden Statt in Dolerit, Phonolith, Trachyt, und in Wacke.

Der säulenförmig abgesonderte Basalt verwittert am schwersten. Das Endergebniss der durch Höhlungen und Reste im Gestein begünstigten Verwitterung ist die Auflösung der zersprengten Massen in eine graue, erdige Substanz, öfter in Thon und Lehm.

Deutliche Schichtung ist dem Basalte selten eigen; dagegen finden Absonderungen in unregelmässige, in tafelartige, in kon-

Die einzelnen, nicht beträchtlichen, meist kegelförmigen Berge des Serpentines erheben sich schnell und prallig. Die Gipfel sind steil. Die stark gefurchten Abhänge zeigen mitunter vorragende, klippige Felswände. Ausserdem bildet er plattrunde Kuppen und erfüllt kleine Mulden und flache Thäler.

Die Felsart ist bald mehr bald minder bedeutend verbreitet.

Vorkommen: Fichtelgebirge; um Hof. Oberpfalz; Erbendorf, Wernberg. Schlesien. Steyermark. Salzburg. Tyrol. Alpen u. s. w.

[62]) Er wird zu Bildwerken, Säulen verarbeitet, und es werden aus ihm verschiedene Geschirre und Geräthe gedreht.

zentrisch schalige, kugelförmige Massen und in mehr oder minder regelrecht gestaltete Säulen von bisweilen 200 bis 300 Fuss Höhe Statt.[63])

Der Basalt wird zu starkem Mauerwerk, beim Wasserbau, zum Pflaster und vorzüglich beim Strassenbau, als das hiezu vielleicht beste Material, mit Nuzen angewendet. Zu Hausteingemäuer ist er deshalb minder geeignet, weil er sehr schwer zu behauen ist. Dagegen dienen seine einzelnen Säulen ohne alle weitere Bearbeitung zu Eckpfählen, Mauern, Gewölben u. s. w. Zu Wohngebäuden taugt er nicht, weil die daraus aufgeführten Mauern zu kalt und feucht sind. Der poröse, leicht springende und verwitternde Basalt ist zum Bauen ganz unbrauchbar; man fertigt daraus, wenn er fest ist, Mühlsteine.

Wacke. (Eisenthon; Mandelstein; mandeltsteinartiger Trapp). Die scheinbar gleichartige, dichte, öfter zellige, blasige oder schwammige Masse der Wacke ist ein inniges Gemenge

[63]) Pechstein und Obsidian füllen gangartige Räume im Basalte aus. Untergeordnete und fremdartige Lager finden sich in demselben fast nie. Der Basalt wird als ein Erzeugniss vulkanischer Kräfte betrachtet und kommt unmittelbar in Ur-, Übergangs- und Flözgebilden, stromartig gelagert, vor. Er liegt über Gneiss; überdeckt den Syenit; ruht auf älterem Flözkalke; ist über rothen Sandstein, über Kreide, auf Trachyt gelagert; ruht auf Rollsteinen, auf fruchtragender Erde. Sein Vorkommen auf gangartigen Räumen ist von manchfachen, belehrenden, höchst interessanten Erscheinungen begleitet. Er liegt sehr oft frei zu Tage, doch wird er auch hie und da von anderen Felsarten überdeckt.

Der Basalt sezt bald einzelne, gerundete, kegelförmige Berge zusammen, bald steigen sie mit seltener Schroffheit zur scharfen Spize hinan; ihre Oberfläche ist theils mit kleinen Vertiefungen und Erhabenheiten überdeckt, theils mit eckigen, senkrechten, oder aus Säulen bestehenden Felsmassen besezt. Die Abhänge sind häufig terrassenartig abgesezt; sanfte Abdachungen wechseln mit tiefen Abgründen; die engen Thäler sind stellenweise mit losen Blöcken überdeckt.

Er ist ziemlich weit verbreitet.

Vorkommen: Rheinbayern; Hardtgebirge. Röhn. Fichtelgebirge; Kulmain, Flossfeld. Westerwald. Siebengebirge. Vogelsgebirge. Kurhessen. Thüringer Wald. Erzgebirge. Riesengebirge. Görliz. Oberchlesien. Mähren. Lausiz. Mittelgebirge Böhmens.

verschiedenartiger, mehr oder minder zersezter Fossilien. Sie darf nicht mit der Grauwacke verwechselt werden.

Die Grauwacke verwittert sehr leicht und wandelt sich zu Thon oder zu einer zähen fruchtbaren Erde um, deshalb kann sie nur im Nothfalle als Baustein verwendet werden.

Vorkommen: Wetterau, Erzgebirge. Harz. Tyrol u. s. w.

Gemeiner Thon. (Töpferthon; Pfeifenthon; Lötherde). Der Thon ist aus der Zersezung verschiedenartiger Felsarten theils auf mechanischem, theils auf chemischem Wege hervorgegangen und erscheint demnach von vielartiger Beschaffenheit. Seine Härte liegt zwischen dem Festen und Zerreiblichen inne; sein glanzloser Bruch ist uneben, von feinem Korne; verläuft sich bisweilen ins Feinerdige; mancher Thon zeigt Anlage zum Schieferigen. Der Thon fühlt sich theils mager, theils mehr oder minder fettig an, ist bisweilen sehr zähe, hängt an der feuchten Lippe an und ist bald einfach, bald verschiedenartig, in Streifen, Adern und Flecken, weiss, grau, blau, grün, roth, braun und schwarz, stets unrein, gefärbt.

Zu dem Thone mögen wohl aufgelöster Feldspath und fein zerriebener Glimmer am häufigsten den Stoff gegeben haben. Mancher Thon enthält viel Kalk, und ist dann wohl schon zum thonigen Mergel zu rechnen; anderer ist kieselhaltig oder mit Quarzkörnern, wieder anderer reich mit sandigem Magneteisen oder Eisenocker gemengt; auch Alaun und Bitumen sind in manchen Thongattungen enthalten.

An fremdartigen Beimengungen, die dem Thone bisweilen ganz fehlen, kommen vor: Kalk, Feuerstein, Braun- und Thon-Eisenstein, Serpentin, Speckstein u. a. m. Ebenso umschliesst mancher Thon manchfache animalische und vegetabilische Reste, anderem fehlen sie ganz.

Übergänge des Thones finden Statt in Sandstein, in Sand, auch in Alaunerde.

Er verwittert leicht, besonders der kalkhaltige, und zerfällt an der Luft in dünne, scheibenförmige Lagen. Er erscheint

mehr oder minder mächtig, meist wagrecht geschichtet und wird von senkrechten Klüften, Rissen und Spaltungen häufig durchsezt. [64])

Der Thon ist für die Baukunst eine der wichtigsten Felsarten. Im natürlichen Zustande dient er, vermöge seiner Undurchdringlichkeit gegen Wasser zum Ausschlagen von Wasserbehältern, Wasserleitungen u. s. w. Seine Auflösbarkeit im Wasser, seine Bildsamkeit gestattet, ihm die manchfachsten Formen zu geben und so werden aus demselben an der Luft getrocknete Steine gefertigt. Durch seine Eigenschaft, im Feuer zu erhärten wird es möglich, aus demselben die beim Mauerwerk und bei der Eindeckung von Dächern so häufig in Anwendung kommenden gebrannten Steine, Ziegeln, zu brennen. Hievon, wie von den Eigenschaften, die der Thon zu der Bereitung dieser Fabrikate besizen muss, wird weiter unten, am geeigneten Orte, umständlicher die Rede seyn.

Glasartige Gesteine.

Pechstein. (Hemihialischer Quarz). Die halbverglaste Grundmasse dieses meist porphyrartigen Gesteines hat theils mehr oder minder flachmuscheligen, theils grobsplitterigen Bruch, mit-

[64]) Als eine Art untergeordneter Lager finden sich bisweilen im Thone kalkige, theils in festes Gestein übergehende, theils mit vielem Sande gemengte Anhäufungen auch Lagen eines zerreiblichen Sandsteines und von Braunkohlen vor.

Der Thon gehört theils den Gebilden der Flözzeit, theils und zwar zum grössten Theile, jenen des aufgeschwemmten Landes an. Er wechselt mit Rogen- und Sandsteinschichten, mit Braunkohlen-Lagen, mit Sand; ist auf älterem körnigem Kalke, auf Kreide, über Sand, Braunkohlen und Alaunerde gelagert; überdeckt den bunten Sandstein u. s. w. und ist selbst meist mit Dammerde, oder mit Sand, Gerölle u. dgl. überdeckt.

Der Thon sezt meist sehr einförmige, niederige, wellenartig geformte Berge und Hügel zusammen, die selten eine beträchtliche Höhe erreichen; er überdeckt zum Theil weit ausgedehnte Ebenen; füllt Thäler und tiefe Gründe und bildet manchmal selbst ganze Hügelzüge. Er ist häufig, besonders an der Grenzscheide basaltischer und anderer mit diesen verwandten Gebilden verbreitet.

Vorkommen: Um Aschaffenburg. Oberpfalz. Westerwald. Kurhessen. Harz. Mannsfeld. Thüringen. Sachsen. Schlesien. Oberlausiz. Böhmen. Mähren u. a. a. O.

unter kommt es auch körnig abgesondert vor; es ist meist undurchsichtig; sein Glanz ist der des Wachses, zwischen dem des Fettes und Glases die Mitte haltend, auch nur schimmernd; es erscheint, meist einfach, unrein, nicht lebhaft, grün, grau, roth, braun und schwärzlich gefärbt.[65])

Der Pechstein verwittert und zerspringt leicht und wird deshalb als Baustein, da er überdis sich nicht gut mit dem Mörtel bindet, nur zu niederen trocknen Mauern benüzt. Zum Strassenbau ist er untauglich.

Schlackenartige Gesteine.

Verschlackter Basalt. (Rheinischer Mühlstein). Es ist dis ein rauhes, blasiges, schaumiges, aufgeblähtes, mehr oder minder glasiges, bisweilen poröses und dann dem Dichten sich näherndes Gestein, von unebenem, feinkörnigem Bruche und graulicher, unrein rother, brauner auch schwarzer Farbe.

An theils mehr oder weniger charakteristischen, theils nur zufälligen Beimengungen finden sich in der Felsart, jedoch nicht immer, Augit, Feldspath, Glimmer, Olivin, Hornblende u. s. w. auch kommen in derselben Bruchstücke ihrer eigenen Masse, von granitartigen Gesteinen, von Glimmerschiefer, Quarz u. a. m. vor. Sie geht sehr allmälig in den vollkommnen dichten Basalt über.

Der verschlackte Basalt ist weit leichter zerstörbar als der gewöhnliche und geht in einen erdigen Zustand über.

Er erscheint stellenweise schichten- oder lagenartig abgetheilt, zerklüftet, bisweilen säulenähnlich zerspalten.[66])

[65]) Die Felsart ist in Deutschland wenig verbreitet. Sachsen; an der hohen Eifel, um Kobriz, Grumbach, Zwikau.

[66]) Der verschlakte Basalt ruht auf dichtem Basalt auch auf Thonschiefer, wird auch von ersterem überdeckt und wechselt bisweilen damit. Die Berge des verschlakten Basaltes sind kegelförmig gestaltet, von Schlackenhalden umgeben. Häufig bildet die Felsart die obere Rinde der Gipfel anderer Berge, oder regellose Haufwerke, einzelne hohe und steile Wände, auch kommt sie in mächtigen Lagern vor.

Vorkommen: Rhöngebirge. Heimberg. Niedermenich und Laacher-See, unweit Andernach. In der Eifel. Böhmen u. s. w.

Der verschlackte Basalt ist wegen seiner Härte und Leichtigkeit, und weil er gut mit dem Mörtel bindet, zum Bauen sehr tauglich; obgleich leichter verwitternd als der dichte Basalt, ist er doch trockener als dieser.[67])

Erdschlacke. Dieses schlackige, schaumartig aufgeblähte, mitunter auch ästig gestaltete Gestein hat theils uneben-feinkörnigen, dem Splitterigen sich nähernden, theils erdigen Bruch; seine nicht selten verglaste Aussenfläche zeigt oft einen eigenen, fast metallischen Glanz; es ist grau, roth, braun oder schwarz, manchmal gefleckt, mitunter bund gefärbt, stahlgleich angelaufen.

Es umschliesst gewöhnlich Blasenräume, Höhlungen von verschiedener Grösse; erscheint zellig, selten dicht; es enthält ferner geröstete und halb gebrannte Trümmer von Schieferthon, Quarzkörner, Porphyrfragmente. Seine Klüfte und Risse sind bisweilen mit Gypsspath dünne überdeckt.[68])

Die Erdschlacke ist ein sehr dauerhafter, trockener, gut mit Mörtel bindender Baustein. Zum Strassenbau ist sie weniger geeignet; sie färbt die Fahrbahn roth.

Trümmer-Gesteine.

Grauwacke. (Grauwacken-Sandstein). Die Grauwacke ist ein vollkommener Sandstein, ihre manchfach gefärbten Gemengtheile sind Quarz, Thon-, Kiesel- und Glimmerschiefer, Feldstein-Porphyr, Granit und Kalkstein. Diese in eckigen oder rundlichen Körnern, Stücken, selbst Geschieben,

[67]) Die Mühlsteine welche die Brüche bei Niedermenich in die fernsten Gegenden liefern und unter den Namen rheinische Mühlsteine bekannt sind, gehören zu den vorzüglichsten Steinen dieser Art.

[68]) Die Erdschlacke verdankt ihre Entstehung dem bei Entzündung der Kohlenflöze dem Feuer ausgesezten Schieferthon und Thoneisenstein.

Vorkommen: Im Saarbrückischen. Kurhessen. Sachsen. Tyrol. Böhmen u. a. a. O.

in den verschiedenartigsten Grössen vorkommenden Theile sind durch eine Thonschiefer-Masse, die mehr oder minder von Quarz durchdrungen ist, fest miteinander verbunden.

Als zufällige Gemengtheile finden sich Glimmer, Feldspath, Eisenkies u. a. m.

Das ungemein feste und schwer zersprengbare Gestein ist meist rauch-, blaulich- und schwärzlichgrau, oder röthlich - braun gefärbt und hat beim Übergang ins Dichte splitterigen Bruch; seine Textur nähert sich bisweilen dem Schieferigen (Schiefr. Gr.); es ist dann leicht zu spalten und unterscheidet sich hiedurch von der gemeinen, körnigen Grauwacke.

Die Grauwacke, in welcher Versteinerungen nur selten vorkommen, geht in Thonschiefer und in Kohlen-Sandstein über.

Die Festigkeit ihrer Bestandtheile schüzt sie vor Verwitterung.

Die oft undeutliche, meist ins Grosse gehende Schichtung ist gewöhnlich schwer erkennbar. Die Klüfte, welche des Gestein trennen, schneiden sich am öftesten unter etwas schiefen Winkeln.[69])

Die Grauwacke ist ein guter, sehr feuerbeständiger Baustein, der sich gut mit dem Mörtel bindet. Die körnige Grauwacke wird auch zum Pflastern benüzt, die schieferige ist hiezu weniger, um so besser aber, weil sie in Platten bricht, zu Bodenbelegen, schwachen Gesimsen u. s. w. geeignet.

Älterer Sandstein. (Rother Sandstein; rothes Todtliegendes; graues und weisses Liegendes; Übergangs-Sandstein). Der wesentliche Bestandtheil dieser Felsart ist Quarz, in mehr oder minder feinen Körnern, in Trümmern und Brocken; ferner kommen darin Granit, Gneis, Glimmer-, Chlorit-, Thon-, Hornblende- und Kieselschiefer, Feldsteinporphyr, Diorit, Mandelstein, seltener Feldspath und Kalkstein vor. Diese verchiede-

[69]) Gänge, welche Quarz, Basalt, Kalk- und Barytspath, besonders aber Erze führen, sind häufig; ebenso fremdartige und untergeordnete Lager. Zu den vielen als solche vorkommenden Gesteinen gehören Quarz, Kieselschiefer, Granit, Diorit, Kalk, Serpentin u. a.

Die Grauwacke, ein conglutinirtes Gebilde, gehört der Übergangsperiode an. Sie kommt auf Thonschiefer, Übergangskalk gelagert, dem Gneisse und Glimmerschiefer aufgesezt, dem Diorit aufgelagert vor.

nen Gemengtheile, die von der Grösse eines Hirsekornes bis zu einen Fuss Durchmesser, selbst in Zentner schweren Blöcken vorkommen, sind auf das manchfachste untereinander gemengt und durch einen eisenschüssigen, braunlich-rothen, oder graulich-weissen Teig gebunden, der entweder etwas kalkhaltig oder mergelig, nicht selten auch sandig, kieselig oder thonig ist und welchem häufig Glimmerblättchen, erdige Körner und Thontheilchen beigemengt sind.

Die grössere oder geringere Härte dieses Bindemittels verleiht dem Gesteine alle Grade der Festigkeit, vom Schwerzersprengbaren bis zum Zerreiblichen. Im Allgemeinen ist dem grauen Liegenden eine grössere Festigkeit als dem rothen Liegenden eigen. Grobkörniger Sandstein zerfällt leichter als feinkörniger, im ersteren kömmt das Bindemittel in verhältnissmässig geringerer Menge vor. Ausser der körnigen ist dem ältern Sandsteine zuweilen schieferige, (Sandstein-Schiefer) und kugelige Struktur eigen, auch erscheint er porös.

Der ältere Sandstein ist meist von zufälligen Gemengtheilen frei. Bisweilen kommen darin Kalk-, Gyps-, Feldspath, und Erze, mineralische Holzkohle, Thongallen u. s. w. vor. Ebenso ist er frei von Muschelversteinerungen; vegetabilische Überreste kommen jedoch nur sparsam vor.

Er geht über in Feldsteinporphyr, in bunten Sandstein, in Grauwacke und in verhärteten, meist schieferigen Thon.

Die Schichtung des älteren Sandsteines, besonders des grosskörnigen, ist deutlich, von verschiedener, bis zu 30 Fuss betragender Mächtigkeit und häufig wagrecht. [70]

Die Bergmassen dieser Felsart sind meist einförmig gestaltet, ihre Rücken sind breit, kuppig, nach einer Richtung weit erstreckt. Die einzelnen Berge erscheinen kegelförmig. Schroffe Gehänge, Klippen sind selten. Die langen Thäler sind unbedeutend, die Querthäler tief, oft sehr enge.

Vorkommen: Westerwald. Grafschaft Mark. Kurhessen. Harz. Thüringer-Wald. Vogtland. Erzgebirge. Schlesien. Kärnthen u. s. w.

[70]) Gänge, die diesem Gesteine jedoch bisweilen auch gänzlich fehlen, umschliessen Quarz, Barytspath, Feldstein-Porphyr, Basalt, Erze u. a. m.

Die untergeordneten Lager, wohin Kalkstein, thoniger Mergel, Diorit, Steinkohlen u. a. gehören, sind von geringer Bedeutung und fehlen gleichfalls oft ganz.

In der Baukunst wird der ältere Sandstein, dessen Festigkeit durch die Bearbeitung zunimmt, sowohl als Hau - wie auch als Mauerstein und ebenso zum Pflaster mit Vortheil verwendet, wenn er gleich schwieriger als andere Sandsteine zu bearbeiten ist.

Kohlen-Sandstein. (Steinkohlen-Konglomerat; rauher Sandstein). Der Kohlen-Sandstein ist von grauer, ins Weisse und Gelbliche, seltener ins Blaulichgraue, Röthliche und Rothe ziehender Farbe. Meist klein-, oft sehr feinkörnig, besteht er aus kleinen, runden Quarzkörnern, welche durch ein graues,

Der ältere Sandstein, aus alten Anschwemmungen hervorgegangen, überdeckt in allen Gegenden der Erde einen grossen Theil der übrigen Gebirgsbildungen in Schichten von manchfacher Mächtigkeit. Er erscheint als dem Granite unmittelbar aufgelagert; auf älterem Glimmerschiefer, auf Übergangskalk ruhend; den Urkalk unmittelbar überdeckend; über Urthonschiefer abgesezt; auf Übergangs-Thonschiefer gelagert; der Grauwacke und dem Thonschiefer aufliegend und wird in vielen Gegenden von Kupferschiefer überdeckt.

Die Gebirgszüge dieser Felsart sind, wenn sie in grösserer Mächtigkeit — oft bis zu 5000 bis 6000 Fuss — erscheint, meist isolirt, aus hohen steilen Bergen, mit schroffen Felsen, grossen Wänden, stark ansteigenden Bergrücken, schmalen Thälern und tiefen Schluchten zusammengesezt. Bei geringerer Mächtigkeit bildet sie einzelne Höhen, niedrige Berge, mit gerundeten oder abgeplatteten Gipfeln, sanften Abhängen und weit gedehnten Thälern. Sie ist am Fusse der Ur- und Übergangs-Gebirgsketten oder zwischen den Unebenheiten der Oberfläche der Grundgebirge gelagert, oder in unermesslichen Thälern aufgehäuft.

Vorkommen. Im Schwarzwalde. Odenwald. Spessart. Vogesen. Kurhessen. Thüringer-Waldgebirge. Im Mannsfeldischen. Im Stollbergischen. Im Hohensteinischen. Tyrol. Böhmen.

Noch ist hieher zu zählen, das

Urfels-Trümmer-Gestein.

Die Masse des Gesteines ist ein Gemenge von Bruckstücken älterer Felsarten, als Glimmer-, Hornblende-, Chloritschiefer, Gneiss, Thonschiefer, Granit, Quarz und Feldstein, die durch einen bald granitischen, bald glimmerschieferartigen, bald quarzigen Teig zusammen gekittet sind. Man zählt acht Abänderungen der Felsart, die sich durch die Art, Grösse und Menge ihrer Bestandtheile und der Beschaffenheit ihres Bindemittels von einander unterscheiden.

Das Gestein ist in Deutschland wenig verbreitet. Am Hundsrück bei Ried, unfern Schärding. Im Fürstenthum Schweidniz etc.

erdiges, mehr oder minder schieferthonartiges Bindemittel, meist nur lose zusammen gehalten werden. Eisenkiesel, jaspesartiger Kieselschiefer, Hornstein, Feldspath- und Steinmarkähnliche Theile, Glimmerblättchen, Bruchstücke von Glimmerschiefer kommen, je doch nur selten, darin vor.

Ebenso sind zufällige Einmengungen, als Bleiglanz, Eisenkies selten. Vegetabilische Überreste werden angetroffen; ebenso Muscheln, leztere im sehr feinkörnigen Gesteine. Die der Verwitterung sehr unterworfene Felsart geht in Schieferthon über.

Sie ist deutlich, meist wagrecht geschichtet, durch Querklüfte gespalten. [71])

Die festeren Abänderungen des Kohlensandsteines werden beim Bauen zu Quadern, häufiger noch zum Pflaster verwendet.

Bunter Sandstein. (Neuerer Sandstein; Flöz-Sandstein; Sandstein mit Thon). Den wesentlichsten, fast ausschliessenden Bestandtheil dieses klein-, oft fein- und meist gleichkörnigen Gesteines machen kleine, mitunter kaum sichtbare, eckige und runde Quarz-Körner aus.

Die Benüzung des Urfels-Conglomerates in der Baukunst beschränkt sich auf Bruchstein-Gemäuer, da es sich minder regelmässig als Sandstein bearbeiten läst; ferner dient es als Füllstein und auch beim Strassenbau kommt es in Anwendung.

[71]) Gangarten des Gesteines sind: Bleiglanz, Blende, Eisenkies u. s. w. Als untergeordnete Lager kommen, jedoch nur selten, Schieferthon, Kalk, Mergel u. s. w. vor.

Der Kohlen-Sandstein wird zu den frühesten Flözgebilden gezählt; er wechselt mit Steinkohlen-Flözen und mit Lagern von Schieferthon und von Thon-Eisenstein, auch erscheint er älteren Gesteinen aufg lagert. Selten geht er frei zu Tage aus, ist meist am Fusse höherer Gebirge gelagert oder erfüllt die Vertiefungen älterer Berge.

Seine Berge erscheinen theils abgerundet und umschliessen breite, flache Thäler; zum Theil sind sie mit kleinen Kuppen besezt, haben schmale, spizzige Rücken; das Zerrissene, Zerschnittene an denselben, das Steile der Abhänge ist charakteristisch.

Vorkommen: Zweibrückisches Steinkohlengebirge. Niederrheinisch-Westphälisches Gebirge. Schlesien. Grafschaft Glaz u. s. w.

Das Bindemittel ist am öftesten thonig, eisenschüssig, oder auch mergelig, kalkig und kieselig; es ist bald in grösserer bald in geringerer Menge, seltener überwiegend vorhanden. Die höchst manchfache Färbung der Felsart zeigt sich in Flecken, Streifen, geflammt, gebändert. Das Gestein nimmt öfter ein schieferiges Gefüge an, auch erscheint es porös, zuweilen auch in regelrechten Gestalten. Es ist im Allgemeinen leicht trennbar. Zufällige Gemengtheile fehlen fast ganz. Nur bisweilen kommen darin Glimmer, Chloryt auch Kalkspath, rundliche Massen von Thon u. s. w. vor. Ebenso sind Versteinerungen selten.

Der bunte Sandstein ist meist ausnehmend deutlich, fast immer wagrecht geschichtet, nach dem Tage zu stark zerklüftet. 72)

Die dichten Abänderungen des bunten Sandsteines, die meist sehr fest sind, werden wie der ältere Sandstein beim Bauen verwendet; jene aber, welche kleine Thonparthien, in Nieren und Nestern, sogenannte Thongallen, enthalten taugen nicht zu Quadern, indem der Thon durch Nässe leicht ausgewaschen wird.

Quader-Sandstein. (Oberer Sandstein; jüngster Sandstein) Der Quader-Sandstein hat ein sehr gleichmässiges, gleiches, feines Korn. Er ist meistens von graulich- oder gelblich-weisser, seltener von brauner, rother, gelber Farbe. Er besteht fast ausschliessend nur aus feinen, dem Auge oft kaum sichtbaren Quarzkörnern und aus kleinen Quarzgeschieben. Das Bindemittel, meist ein thoniges, ist gewöhnlich nur sparsam

72) Auf Gängen führt er Basalt, Feldsteinporphyr, und enthält Kalkspath-Adern. — Kalkstein, Roggenstein, Gyps, Steinkohlen, Braun- und Rotheisen-Stein u. a. bilden darin fremdartige Lager.

Er ist ein jüngeres Flözgebilde und erscheint über dem Alpenkalke und zunächst unter dem Muschelkalke gelagert. Er ist weit, jedoch nicht so allgemein wie der ältere Sandstein verbreitet, bildet bald einzelne, runde Hügel, niedrige, mitunter kegelförmig gestaltete, sanft abhängige Berge; bald schmale, niedere aber jähe Bergreihen mit schroffen Felsen an ihren Gehängen und tiefen engen Felsthälern; bald Bergebenen mit engen Thaleinschnitten.

Vorkommen: Thüringen. Kurhessen. Voigtland. Würtemberg. Wesergebirge. Ebene zwischen dem Böhmisch-Baierischen Waldgebirge. Schweiz.

vorhanden, oft ist es ganz unerkennbar, und kittet die Theile überhaupt nicht so fest, als dis bei den älteren Sandsteinen geschieht.

Bisweilen finden sich Poren im Gestein. Schieferige Struktur ist demselben gar nicht, oder nur selten und unvollkommen eigen.

Kleine, silberweise ungleichförmig in der Gesteinmasse vertheilte Glimmerschuppen sind die einzigen fremden Einmengungen, welche in Quader-Sandsteine sich finden. Versteinerungen kommen darin nur dann vor, wenn er fast unmittelbar über Kalkstein liegt.

Die Felsart verwittert leicht und zerfällt zu einem weissen, feinkörnigen Sande. Quarziger Teig verleiht ihr grössere, oft beträchtliche Festigkeit.

Der Quader-Sandstein ist regelrecht, fast beständig äusserst deutlich, und meist horizontal geschichtet. Seine Bänke sind oft sehr mächtig, oft schwach. Er wird durch meist senkrechte Spalten, die sich gewöhnlich in rechten Winkeln durchschneiden, getrennt; hieraus entstehen die charakteristischen würfeligen Blöcke. (Quader). [73])

Der Quader-Sandstein ist für die Baukunst eine der wichtigsten Felsarten. Er wird nicht nur zum Quadergemäuer und zu allen Arten von Gestellen, Gesimsen, Säulen, sondern in seinen feinen Abänderungen selbst zu Bildhauerarbeiten mit Vortheil verwendet. Er ist sehr feuerbeständig und bindet gut mit dem Mörtel, nur trocknet lezterer im dicken Quadergemäuer schwer aus.

[73]) Auf gangartigen Räumen umschliesst er Quarz und Federkalk. Als fremdartige Lager kommen darin Kalkstein, Mergel, Thoneisenstein, in Braunkohlen übergehende Steinkohlen u. a. vor.

Er bildet eine höchst deutliche, selbstständige Formation, ist geognostisch jünger als Jura- und Muschelkalk und ist unmittelbar dem Gneisse, dem Muschelkalke aufgelagert; lehnt sich an Grauwacke und Thonschiefer; liegt auf Kohlen-Sandstein; überdeckt den bunten Sandstein.

Die Berge dieser Felsart sind ausgezeichnet gestaltet; ihre Höhen sind mit schroffen, zackigen Säulen, Mauern ähnlichen Felswänden besezt; ihre Oberflächen bilden oft beträchtliche Ebenen. Die Bergreihen sind niedrig, bald weit erstreckt, bald an andere Gebirge angelehnt. Auch einzelne, kegelförmige Hügel mit sanften Abhängen kommen vor.

Vorkommen: Bayern. Harz. Schlesien. Sachsen. Im Mannsfeldischen. Lausiz. Erzgebirge. Thüringerwald. Moselthal. Lothringen. Böhmen, u. s. w.

Molasse. (Braunkohlen-Sandstein; Mergel-Sandstein; Nagelflue-Sand). Die Molasse ist im Allgemeinenein feinkörniger, gleichförmiger, meist nicht sehr fester, oft zerreiblicher Sandstein. Sie besteht aus kleinen Quarz-Körnchen, welche durch einen thonigen, kalkigen oder mergeligen Teig gebunden sind, der häufig kaum sichtbar ist. Sie ist gewöhnlich von weisser oder grauer Farbe, erstere geht auch ins Grauliche und Röthliche, der andere bisweilen ins unrein Blaue über.

Glimmer-Blättchen sind die einzigen fremdartigen Gemengtheile. Versteinerungen sind bald sparsam, bald häufiger vorhanden. Das Gestein besizt bisweilen bedeutende Festigkeit; Luft und besonders Frost wirken dann am zerstörendsten, wenn das Bindemittel ein thoniges ist.

Die Molasse ist deutlich, meist wagrecht geschichtet.[74])

Die Molasse wird beim Bauen zum Haustein-Gemäuer, vorzüglich aber und namentlich in Frankreich, zum Pflaster verwendet. Die anscheinend zerreiblichen an der Luft unbrauchbaren Abänderungen dienen mit Vortheil bei Wasserbauten; die mit Säuren aufbrausenden sind zu Gestellsteinen untauglich. Die Molasse bindet gut mit dem Mörtel.

Nagelflue. (Nagelstein; Buchstein). In diesem Trümmer-Gesteine bindet ein kalkig- sandsteinartiger Kitt kleinere und grössere Geschiebe und Bruchstücke von Kalksteinen sehr verschiedener Art zusammen; an ihre Stelle treten bisweilen, indess mehr ausnahmsweise, Brocken von Sandstein und Grauwacke,

[74]) Es kommen darin als untergeordnete Lager dichter, gelblich weisser Kalkstein, bituminöser Kalk, thoniger und faseriger Gyps u. a. vor.

Im Alter folgt die Felsart unmittelbar dem bunten Sandsteine und dem Muschelkalke. Sie ist auf Gneiss und Glimmerschiefer, auf Alpenkalk, auf Jurakalk gelagert; sie überdeckt den Kohlen-Sandstein, die Nagelflue und wechselt mit dieser; liegt über Kreide, über trachytischem Trümmer-Gesteine. Sie selbst liegt meist frei, nur hie nnd da ist sie mit einer Schichte Dammerde, oder mit Grob- auch Süsswasser-Kalk, auch mit basaltartigen Gebilden überdeckt.

Die Felsart ist sehr verbreitet.

Vorkommen: Bayern. Oberschwaben. Um Salzburg. Tyrol. Innthal. Österreich. Schweiz u. s. w.

Rollstücke von Granit, Gneiss, Porphyr, Diorit, Geschiebe von Hornstein, Feuerstein, Thon- und Kieselschiefer und von Serpentin.

Die Farbe des Kittes, der zuweilen sehr vorherrscht, ist im Innern unrein gelblich-weiss, aussen stets röthlich.

Die Festigkeit der Felsart ist theils gering, theils ungemein gross. Die zu Tage stehenden Massen verwittern fast nie.

Die Nagelflue ist deutlich geschichtet, in vielfachen Richtungen zerklüftet. Ihre Schichten sind bisweilen von Kalkspath-Adern durchzogen. Eigenthümliche Versteinerungen fehlen ihr. Sie geht in manche neuere Sandsteine über.[75])

Als Baustein taugt die Nagelflue, weil sie sich nicht regelmässig bearbeiten lässt, nur zum Bruchstein-Gemäuer. Sie ist meist sehr fest und daher zum Pflaster und zum Strassenbaue sehr brauchbar.

Trachyt-Trümmer-Gestein. (Trapp-Porphyr-Konglomerat). Dies in Deutschland wenig verbreitete Gestein ist ein Konglomerat aus Blöcken, Bruchstücken und Rollsteinen von Trachyt, denen bisweilen Bruchstücke von Bimsstein, auch von Basalt beigemengt sind.

Sein Bindemittel ist ein, theils mehr oder weniger krystallinischer, theils ein erdiger Teig, meist von unrein gelblich- oder graulich-weisser, seltener röthlicher oder grünlich-weisser Farbe. Die Felsart ist deutlich geschichtet.[76])

[75]) Sie gehört den neueren Gebirgs-Gebilden an und verdankt ihre Entstehung meist Anschwemmungen von Strömen, bei deren Erguss von Gebirgen in grosse Seen.

Sie wechselt mit Schichten von Molasse und Thon, oder ist der ersteren aufgelagert.

Die nakten Felswände der grossen Nagelflue-Kette erheben sich nicht selten zu einer Höhe von mehreren Tausend Fuss. Die einzelnen, mehr oder minder abgerundeten Berge stehen theils frei, einzeln, theils dicht zusammen gedrängt, oder bilden langgedehnte Rücken.

Die Nagelflue, die minder allgemein, als nur stellenweise und dann mächtig ausgedehnt erscheint, bildet eine grosse Kette, die aus Österreich durch Salzburg, Bayern und Schwaben bis zum Bodensee zieht.

[76]) Sie ruht über Trachyt, Grauwackenschiefer auch Kalk; auch wird sie von Trachyt und von Basalt überdeckt. Sie bildet, mitunter Hügel und selbst weit erstreckte Berge mit hohen Gypfeln.

Vorkommen: Rheinisches Siebengebirge.

Beim Bauen findet das Trachyt - Trümmergestein mit dem Trachyt ziemlich gleiche Anwendung.

Bimsstein-Breckzie. (Bimsstein - Konglomerat; Sandstein, am Niederrhein). Man unterscheidet zwei Abänderungen dieses in Deutschland seltenen Trümmergesteines. In der einen hängen die Blöcke und Bruchstücke vom Bimsstein ohne Teig zusammen; in der anderen sind sie durch ein Bimsstein-Cement verbunden. Die Felsart ist sehr deutlich geschichtet. [77])

Die Bimssten-Breckzie ist, wenn gleich ein nicht leicht verwitterndes Gestein, doch zu weich, um als Baustein verwendet werden zu können. Sie dient höchstens, ihrer Leichtigkeit wegen, zur Aufführung von Gewölben.

Trass. (Duckstein, auch Tuffstein, am Niederrhein; Dielstein; Leberstein). Die Hauptmasse des Trasses ist im Bruche erdig, matt, von unrein gelber, ins Graue oder Braune ziehender Farbe, porös bisweilen auch mehr dicht.

Rollstücke von Bimsstein sind darin häufig eingemengt, seltener sind Bruchstücke von Thonschiefer, Trachyt, Basalt, Schlacke, Quarz und Magneteisen-Körner, Blättchen von schwarzem Glimmer. Baumstämme mit Ästen und Zweigen, selbst mit Blättern, mehr oder minder verkohlt, braun oder schwarz gefärbt, kommen im Trasse in völlig senkrechter Stellung vor.

Er erscheint abgetheilt in Bänke, in ganzen Lagern von 10 bis 20 Fuss Mächtigkeit. [78])

[77]) Sie liegt auf Grauwacke, quarzigem Sandsteine, Kalkstein; überdeckt den Trachyt; bildet niedere Berge und füllt Thäler und Ebenen.

Vorkommen: Am Rhein, zwischen Engers und Bendorf. Sayn, unfern Neuwied.

[78]) Er füllt als ein durch Wasser aufgeschwemmtes vulkanisches Konglomerat, Thäler, oder umkleidet Berge. Er liegt zwischen Schiefer; wird bisweilen von einem mit Schichten von Tuff und mit Schlacken untermengten Sande überdeckt.

Vorkommen: Bayern; im Pappenheimischen, bei Haarburg, Monheim. Am Rheine, um Andernach, Tönninstein, Brohl u. s. w.

Der Trass wird, da wo er sich findet, als Baustein benüzt; seine vorzüglichste Verwendung, wodurch er zugleich einen bedeutenden Handelsartikel ausmacht, ist aber die zur Mörtel-Bereitung, wovon am geeigneten Orte das mehrere.

Trapptuff. (Basalttuff; Basalt-Breckzie). Der Trapptuff ist ein basaltisches Konglomerat. Seine Bestandtheile sind Stücke von Basalt, Dolerit, Wacke, Mandelstein, Schlacken, Rollstücke von Quarz, Granit, Gneiss, Feldstein, Grauwackenschiefer, Kalkstein, rothem Sandstein; Reste von verkohltem Holze. Der Teig, welcher diese Theile zusammenkittet ist das Resultat der Auflösung jener und erscheint, zuweilen sehr stark, von Kalkspath durchdrungen; seine Farbe ist röthlich- oder gelblich- braun, gelblich-, rauch- und aschgrau.

Die Felsart verwittert leicht. Sie ist deutlich geschichtet. [79])

Der Trapptuff, der sich meist in der Nähe des Basaltes findet, ist zwar von geringerer Festigkeit als dieser, hat aber doch mit demselben ziemlich gleiches Verhalten, und wird demnach fast auf gleiche Weise beim Bauen verwendet.

Lose Gesteine.

Gerölle. Gerölle sind Zusammenhäufungen von Blöcken, Bruchstücken und Geschieben verschiedener Felsarten, die meist lose neben und über einander liegen, seltener mit einander verbunden sind. Ihre Grösse und Gestalt hängt von der Beschaffenheit der Felsarten ab, von denen sie herrühren. Sie enthalten nicht selten thierische Überreste. [80])

[79]) Auf Gängen umschliesst sie Kalkspath und Arragon; Basalt füllt darin gangartige Räume aus.

Der Trapptuff umgiebt die basaltischen Berge und Hügel; er selbst wird als aufgelöster, zusammengeschwemmter Basalt betrachtet; er sezt bisweilen kleine Hügel und Berge zusammen.

Vorkommen: In Kurhessen. Niedersachsen. Steyermark. Böhmen u. s. w.

[80]) Die schichtenartigen Abtheilungen des Gérölles liegen meist horizontal. Es wechselt mit Ablagerungen von Sand. Bisweilen durchziehen dasselbe ein-

Beim Bauen vertreten die Gerölle da, wo andere Steine fehlen, die Stelle von Bruchsteinen, und haben wenigstens das voraus, dass ihre Dauer bereits erprobt ist. Kleinere Gerölle werden besonders zum Pflaster und Strassenbau mit Nuzen angewendet.

Gruss. Der Gruss oder Grand entsteht aus der Zerstörung der Gebirgsgesteine, namentlich der ungleichartigen, indem die Bestandtheile derselben sich trennen, sich mehr oder minder auflösen und sich so an den Abhängen und am Fusse der Berge in mehr oder weniger mächtigen Lagen aufhäufen.

Als Baumaterial wird der Gruss nur zur Überdeckung von Pläzen, Wegen und solchen Fahrbahnen verwendet, auf denen sich blos geringe Lasten bewegen, und denen eine feste Unterlage mangelt.

Sand. Der Sand ist aus der Zersezung, Auflösung vielartiger, namentlich quarziger Gesteine hervorgegangen.

Seine Hauptbestandtheile sind meist abgerundete Quarzkörner, von der Grösse einer Erbse bis zur äussersten Feinheit herab. Seine Farbe ist weiss, gelb, grün, roth, auch braun oder schwarz, und wechselt mitunter in Flecken und Streifen.

Der Sand ist entweder ganz lose, oder auch bisweilen durch ein kalkiges, thoniges, eisenschüssiges Bindemittel lose zusammen gehalten.

Er kommt ganz rein, aber auch mit Gruss, Rollsteinen, Mineralsubstanzen gemengt vor; bisweilen erscheint er reich an animalischen und vegetabilischen Überresten.

Die schichtenartigen Abtheilungen des Sandes sind meist durch verschiedene Färbung bezeichnet: sie sind von sehr ungleicher Mächtigkeit.[81])

zelne Streifen von Thon und Eisenocker. Seine Mächtigkeit ist sehr verschieden und steigt bis auf 90 Fuss.

[81]) Der Sand ist ein Hauptglied des aufgeschwemmten Landes; er wechselt mit Schichten von Thon und Lehm, mit Ablagerungen von Gerölle, liegt bald frei, bald ist er von Lehm, Dammerde überdeckt.

Über die Verwendung des Sandes in der Baukunst wird dann umständlich gehandelt werden, wenn von der Bereitung der Mörtel die Rede seyn wird. Hier wird noch bemerkt, dass er vorzüglich auch beim Pflaster in Anwendung kommt.

Löss. Der Löss ist ein Gemenge aus Thon-, Kalk- und Kieseltheilen, so wie aus sehr kleinen Glimmerblättchen; seine Farbe ist unrein gelblich-grau, sein Bruch erdig; seine feinstaubigen Theile bilden eine lose, zerreibliche Masse. Er enthält Konchylien, selbst Knochenreste. [32])

Der Löss wird beim Bauen gar nicht oder höchstens als Füllmaterial angewendet, indessen fragt es sich, ob seine Bestandtheile ihn nicht zur Mörtelbereitung tauglich machen.

Lehm. Der Lehm verdankt seine Entstehung der endlichen Auflösung sehr verschiedenartiger Gesteine; namentlich des Granites, Gneiss, Glimmerschiefers, Feldstein-Porphyrs, Basaltes und der Wacke. Er ist ein sehr weicher, meist zerreiblicher Thon, mit welchem Quarzsand, Eisenocker, in grösserer oder geringerer Menge bisweilen auch Kalkerde innig vermengt sind. Er ist von Farbe gelblich-grau, zum Grünlich-grauen sich neigend, ockergelb, gelblich-braun gefleckt und geadert. Sein Bruch ist uneben, grob- oder kleinkörnig, ins Erdige übergehend, glanzlos oder, durch Glimmertheilchen, schimmernd.

Seine Hügelzüge sind meist niederig, wellenartig geformt. Selten erreicht er beträchtliche Höhen.

Es wird hier noch des Magnet-Eisen-Sandes erwähnt, welcher seine Entstehung der Zersezung von Laven, von basaltischen, doleritischen und anderen Felsarten verdankt. Er zersezt sich nicht leicht und kommt besonders in vulkanischen aber auch in anderen Gegenden vor (bei Andernach; unweit Berlin u. s. w).

[32]) Er findet sich unter der Dammerde, auch über Gerölle, Grob- und Alpenkalk, Dolerit, oft in sehr bedeutender Mächtigkeit, gelagert.

Vorkommen: Rheinbayern; Neustadt a. d. H. und abwärts. Baden. Um Neuwied, Andernach u. s. w.

Der Lehm ist in seinen oberen Lagen, die öfter Schaalen von Landschnecken, Gebeine von Landthieren einschliessen, meist unrein; in seinen tieferen Lagen ist er reiner, thoniger, jedoch auch manchmal sehr sandig. Er brennt sich im mässigem Feuer hart und wird dann durch seinen Eisenocker-Gehalt unrein roth; in stärkerem Feuer fliesst er zu einer schwärzlichen oder blaulich-grauen Schlacke zusammen. Er saugt das Wasser stark ein und zerfällt in demselben, vertheilt sich darin oder bildet in geringerer Wassermenge eine breiartige Masse. [83])

Der Lehm ist eines der vorzüglichsten Baumaterialien. Von seiner Benüzung zu sogenannten Luftsteinen und zu gebrannten Ziegeln wird am gehörigen Orte die Rede seyn. Beim Wasserbau wird er zu Fang- und anderen Dämmen, zur Hinterfüllung von Mauern und hölzernen Bollwerken (Beschlächten); beim Schleusenbau zum Ausschlagen der Teich- und Wasserbehälter, der Rostgefache u. s. w. mit Nuzen angewendet.

Garten- und Ackererde. Ihre Anwendung beschränkt sich beim Bauen vorzugsweise auf das Pisé-Mauerwerk, sie muss dazu aber von Steinen und Wurzelwerk befreit, rein angewendet, mässig feucht seyn und fest gestampft werden.

[83]) Er gehört zu den aufgeschwemmten Gebirgsarten; bildet unter der fruchtragenden Erde mehr oder minder mächtige Lager, überdeckt die Abhänge, Thäler und Ebenen der Gebirge und breitet sich längs den Ufern der Flüsse und über tiefere Landstrecken aus.

V. Vorlesung.

Von den Steinen in Beziehung auf ihre Anwendung als Hau- und Bruchsteine bei den Bauten. — Von den Ziegeln. — Vom Pisé. —

Im Voranstehenden haben wir die beim Bauen in Anwendung kommenden Gesteine in jener Reihenfolge kennen gelernt, in welcher sie nach ihren manchfachen Unterscheidungs-Merkmalen geordnet einander folgen; es wurde zugleich gezeigt, welche Art der Anwendung diese Gesteine nach ihren Eigenschaften beim Bauen finden.

Die Werkleute, welche die Steine nur unter leichter wahrnehmbaren und leichter fasslichen Beziehungen betrachten, beschränken sich darauf, die Steine, abgesehen von ihren wesentlichen Bestandtheilen, in harte und in weiche einzutheilen.

Aus der Grösse der Bruchstücke geht noch eine andere Eintheilung der Gesteine hervor, die nemlich in Hau- und in Bruchsteine. [84])

[84]) Das Orginal dieses Werkes enthält nun eine sehr kurze Beschreibung des Granites, der Sandsteine, der Mühlsteine und der Kalksteine, indem dabei bemerkt wird, dass diese Gesteine in Beziehung auf Härte einander in der Ordnung, in welcher sie eben genannt wurden, folgen; es wird zugleich ihrer Anwendbarkeit zum Quader-Gemäuer erwähnt, und bemerkt, dass der Porphyr, der Serpentin, die Brekzien und die Pudingsteine deshalb zum Quader-Gemäuer untauglich seyen, weil sie theils ihrer Seltenheit wegen zu theuer, theils ihrer Härte wegen nur zu Verzierungen im Innern, zu Säulen, Vasen u. s. w. verarbeitet werden.

Nachdem bereits bei der Charakteristik der Felsarten zugleich das Nöthige in Beziehung auf Härte, Festigkeit und bauliche Anwendung jedes einzelnen Gesteines gesagt worden ist, so genügt es, zur Vermeidung von Wiederholungen, dahin zu verweisen.

Es ist von Wichtigkeit, zur Aufführung der Gebäude nur vollkommen gute Steine zu verwenden.

Die Untersuchung solcher Gebäude, welche mit Steinen aus einem seit langer Zeit betriebenen Bruche aufgeführt sind, konstatirt ihre Eigenschaften; [85]) ist man jedoch genöthigt, einen neuen Steinbruch zu eröffnen, so muss man vor der Verwendung Versuchstücke den Wirkungen der Luft, des Wassers, des Gefrierens und selbst des Feuers auszusezen. [86])

Bei den Steinen, welche die Feuchtigkeit einsaugen, erkennt man die Wirkung des Frostes leicht; ihre Oberfläche wird pulverartig; bisweilen reissen die Häupter auf und blättern sich ab. Diese Steine müssen als untauglich zum Bauen verworfen werden. [87])

[85]) An den segenannten Wetter- oder Abend- und Mitternachtseiten alter Gebäude, die aus Steinen erbaut sind, welche durch die Witterung leiden, zeigen sich diese am meisten zerstört.

[86]) Die Massen mancher der festesten Gesteine sind von so feinen Rizen durchzogen, dass sie das freie Auge kaum entdeckt; dringt nun durch sie Nässe in das Innere des Gesteines und gefriert, so ist das Zersprengen des Steines öfters davon die Folge. Solche Gesteine sollten nach dem Bruche, vor ihrer Verwendung ein Jahr lang der Witterung ausgesezt werden, wie denn diese Vorsichtsmassregel bei allen Bausteinen beobachtet werden sollte. Manche Gesteine, namentlich die thonhaltigen Sandsteine, nehmen, wenn sie gebrochen sind, an der Luft allmählig an Härte zu, man thut desshalb wohl, sie, wenn sie zu Quadern verarbeitet werden sollen, gleich nach dem Brechen dazu zuzurichten. An Steinen, die sehr feucht aus dem Bruche kommen, haftet kein Mörtel, sie selbst trocknen im Gemäuer nicht mehr aus, und müssen daher vor der Verwendung erst an der Luft austrocknen.

[87]) Nicht alle Steine, welche Wasser einsaugen, werden durch den Frost beschädigt, ja es widerstehen sogar manche Gesteine, welche das Wasser selbst durchlassen, der strengsten Kälte, während andere dichte Gesteine dadurch zersplittert werden. — Hr Vicat (man sehe dessen *Versuche über den Kalk und Mörtel* S. 37) glaubt, dass dieses Phenomen sich am besten durch die Annahme erklären lasse, dass der Frost nur auf solche Gesteine nachtheilig wirke, in welchen das Wasser röhrenförmige oder spaltenartige Räume findet; dass aber bei gleichförmiger Vertheilung der leeren Räume durch die ganze Masse des Gesteines, der Druck des Eises in allen kleinen Öffnungen sich wechselseitig aufhebe und sich blos durch Abblättern der Oberfläche des Steines, wenn es an dieser Widerstand findet, äussere.

Da die Einwirkungen des Frostes auf die Gesteine meist erst nach Verlauf einiger Zeit bemerkbar werden, so schlug Hr. Brard eine Methode vor, durch welche er den Widerstand der Steine gegen den Frost auf kürzerem

Bayerische Staatsbibliothek München

Wenn, wie dis gewöhnlich der Fall ist, der Bruch wohlgeschiedene Lager oder Bänke hat, so muss man darauf bei der Verwendung dieser Steine Acht haben, indem sie immer ebenso gelegt werden müssen, wie in ihrem Bruchlager, es mögen nun die Schichten wagrecht laufen, oder wie bei Gewölben gegen den Horizont geneigt seyn. Die Solidität des Gebäudes erheischt diese Vorsicht; geübte Werkleute täuschen sich selten über die wahre Lage dieses Bruch-Lagers, und sie wissen wohl, dass jeder Stein, wie sie es nennen, auf sein Lager gelegt werden muss. Ein Stein, der durch seine Lage in einer Masse Mauerwerks die Kraft des auf ihn wirkenden Druckes

Wege zu ermitteln glaubte; Hr. de Thury erstattete darüber im Jahre 1814 einen Bericht an die Gesellschaft zur Aufmunterung der National-Industrie in Paris ab; ferner findet sich diese Methode umständlich beschrieben in des Hrn. Accum Werk: *Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien etc. Berlin* 1826, *bei Reimer; I. Bd. S.* 225 *u. f.*; ebenso in der neuesten Ausgabe von Rondelet's: *l'Art. de batir etc.* Nachstehendes ist das Urtheil, welches Hr. Hofrath und Professor Fuchs in München in dessen werthvoller Abhandlung; *Über Kalk und Mörtel* (Erdmanns Journal für tech. und ökon. Chemie, B. VI.; und daraus besonders abgedruckt 1829, Leipzig bei Barth) über den Werth der Brard'schen Methode fällt.

„— Ich muss über die Methode des Hrn. Brard, den Widerstand der Steine gegen den Frost mittels Glaubersalz zu erforschen, ein paar Worte sagen. Ich habe darüber mehrere Versuche angestellt, muss aber gestehen, dass mich die Zeit reuet, welche ich darauf verwendet habe, so wenig haben mich bis jezt die Resultate derselben befriedigt. Durch das an den Steinen krystallisirende Glaubersalz, dessen Wirkung keineswegs congruent ist mit den abwechselnden Wirkungen des Frostes und der Wärme, erfahren wir nicht mehr, als was uns der Fingernagel, das Wasser, der Hammer oder ein gehörig angebrachter Druck vor und nach dem Einweichen der Steine in Wasser auch sagte, und es ist gar nicht nöthig, jenen Umweg zu machen und jenes, auch blos mechanisch wirkende Mittel zu gebrauchen, was zwar vornehmer aussieht, aber weit umständlicher anzuwenden ist. Ich hoffe nicht, dass man sich mit dieser Sache, die gegenwärtig sehr viel Aufsehen macht, auch wie mit dem Loriot'schen Mörtel seligen Andenkens, ein halbes Jahrhundert beschäftigen werde, um zur Einsicht zu gelangen, dass damit nichts gewonnen ist. — Bemerken muss ich hiebei noch, dass manchmal Steine, insbesondere Marmor, nach sehr kalten Winternächten zerspringen, wenn sie am Tage durch die Sonne erwärmt werden.„

Wie viel Wasser ein Stein einsaugen könne, erfährt man durch dessen Gewichts-Zunahme, nachdem er einige Tage im Wasser gelegen war.

Ungleich gefärbte, gefleckte, gestreifte, geaderte Gesteine, besonders die grobkörnigen, stehen den einfarbigen, feinkörnigen Steinen derselben Gattung an Güte nach.

nach einer Richtung auszuhalten hat, die nicht winkelrecht auf sein Bruchlager ist, liegt auf falschem Lager. Dis ist ein Konstruktions-Fehler, der sorgfältig vermieden werden muss.[88])

Merkmale zur Kenntniss der Dichtigkeit der Steine erhält man durch ihre spezifische Schwere.[89]). Diese Kenntniss ist wichtig; allein es besteht noch eine andere, die zum guten Erfolge der Ausführung erlangt werden muss; es ist dis diejenige, welche die Grösse der Kraft anzeigt, welcher die zu verwendenden Steine, ohne zu brechen, widerstehen können. Durch diese Kenntniss wird die Grenze der Höhe für einen Bau-Entwurf oder jene der Weite eines grossen Gewölbes bestimmt.

Nur die Erfahrung lehrt die absolute Widerstandskraft der Steine kennen: gewandte Ingenieure und Baumeister haben sich mit Untersuchungen hierüber beschäftigt und die Resultate ihrer Erfahrungen bilden Tafeln, welche in mehreren Werken, und besonders im ersten Theile der „Kunst zu bauen" von Rondolet enthalten sind.[90])

Adern oder Nester von Eisen- oder Manganoxyd, tragen, als der Verwitterung unterworfen, zur Zerstörung der Gesteine, in welchen sie sich finden, bei. Für gewisse thon- oder talkhaltige, höchst feinkörnige Abänderungen des Kalksteines sind die darin eingesprengten Nester feinzertheilten Feldspathes besonders verderblich.

Steine von blättrigem Gefüge, namentlich solche, deren Blätter-Durchgang braun, roth oder schwarz gefärbt ist, blättern sich an feuchten Orten gerne auf. Es zeigen sich zuerst in der Masse feine Haarrisse, die sich beim wechselweisen Durchnässtwerden und Wiederaustrocknen des Gesteines allmälig erweitern.

[88]) Eine Ausnahme von dieser Regel findet bei solchen Gesteinen Statt, die ohne Lager, ein unebenes, unregelmässiges, selbst oft muschelförmiges Gefüge haben.

[89]) Bedingungen der Festigkeit der Steine sind der Zusammenhang, die Härte und die chemische Beshaffenheit der Bestandtheile, die Bindekraft ihres Kittes. Angestellten Versuchen gemäss steht, alles Übrige als gleich vorausgesezt, die respektive Festigkeit der Steine ziemlich genau in dem Verhältnisse der Querschnitt-Flächen.

Peronnet's Methode die verhältnissmässige Härte der Steine auszumitteln, beruht auf der Annahme, dass die Härte eines Steines in geradem Verhältnisse stehe mit der Zahl der zur Austiefung eines Loches von gegebener Tiefe erforderlichen Bohrumgänge.

[90]) Statt der von Sganzin aufgenommenen Tafel theilen wir in den, diesem 1ten Theile am Ende beigefügten Tafeln No. I, No. II u. No. III die Versuche

Zahlreiche Versuche beweisen, dass im Allgemeinen, unter Steinen einer und derselben Klasse, diejenigen, welche das feinste Korn, die kompakteste Textur, die tiefste Farbe haben, den stärksten Druck aushalten können. [91])

Eine zweite für die Baukunst sehr wichtige Beobachtung, welche andere, mit Steinen derselben Gattung angestellte Versuche geliefert haben, ist die, dass, wenn man die Widerstände der Steine vergleicht, dieselben sich ungefähr wie die Kubi ihrer spezifischen Schweren verhalten. [92]) Diese Versuche fanden mit verschiedenen, von einem und demselben Blocke entnommenen Würfeln Statt.

Indem man diese Versuche variirte und mehrere Würfel übereinander legte, nahm man wahr, dass, um sie zu zerbrechen eine weit geringere Kraft nöthig ist, als wenn das Parallelopipedum aus einem einzigen Stücke bestanden hätte.

Man bemühte sich durch die Erfahrung auszumitteln, ob die Widerstandskraft der Steine im Verhältnisse der Grösse ihrer Grundflächen zunähme, und ob die Gestalt dieser Grundflächen auf die Stärke der Steine Einfluss habe.

Mit der grössten Sorgfalt zulezt angestellte Versuche zeigten, dass bei Steinen von derselben Art und von gleicher Gestalt der Grundflächen die Widerstands-Kraft in gleichem Verhältnisse mit der Grösse der Grundflächen wächst, und in Hinsicht auf den Einfluss dieser Gestalt der Grundflächen hat man bemerkt, dass bei gleicher Oberfläche die Steine, welche ein rechtwinkliches Parallelogramm zur Grundfläche haben unter einem geringeren Gewichte zu brechen beginnen, als jene, deren Grundflä-

mit, welche Gauthey, Rondelet, Quantin, Wiebeking und Rennie über den Widerstand der Steine angestellt haben.

[91]) Über die Gestalt der Theile eines Gesteines, bei dem durch Druck bewirkten Zerbrechen desselben, ist folgendes zu bemerken. Die harten Steine von feinem Korne, homogener und conpacter Textur trennen sich, bevor sie in Staub zerfallen, mit Geräusch in Platten oder in vertikale Nadeln. Die weichen Steine theilen sich zuvor in Pyramiden, deren Grundflächen in der Oberfläche des Körpers und deren Spizen gegen dessen Mittelpunkt liegen. Die beiden vertikalen Pyramiden spalten, indem sie wie Keile wirken, die übrigen; sie zertheilen sich sämmtlich in kleine vertikale Prismen und zerfallen endlich gleichfalls in Staub. (Man vergl. Navier's *Resumé de leçons* etc. Paris 1826. I. partie. pag. 3).

[92]) L'Art de bâtir, von Rondelet; V. Buch, S. 82 u. f. —

che ein Quadrat bildet; endlich dass Steine mit kreisförmiger Grundfläche den grössten Widerstand besizen.

Die Verhältnisse des Widerstandes für diese drei verschiedenen Arten von Grundflächen werden durch folgende Zahlen ausgedrückt: 703 für das Parallelogramm, 806 für das Quadrat, und 917 für den Kreis.

Diese lezteren Versuche liefern noch folgende Bemerkungen

Die Hausteine fangen unter einer Last, zu bersten und zu springen an, welche ungefähr der Hälfte des Gewichtes gleich ist, bei dem sie ganz zerdrückt werden.

Die Steine welche mit einem geringerem, als dem zum Zerdrücken erforderlichen Gewichte belastet sind, endigen damit, dass sie bersten, wenn diese Last ihren Druck eine gewisse Zeit lang ausübt.

Aus dieser lezteren Beobachtung folgt, dass man die Stüzpunkte eines Gebäudes nie mehr als die Hälfte derjenigen Last tragen lassen soll, welcher ein Stein, der Erfahrung gemäss, zu widerstehen vermag.

Die gute Auswahl der Hausteine und die Anwendung einer Zurüstung in grossen Stücken tragen zur Dauer der Gebände bei. Die egyptischen die griechischen und römischen Denkmele beweisen, dass, um diese doppelte und wichtige Bedingung zu erfüllen, die Alten in dieser Hinsicht weder Kosten noch die Schwierigkeit der Ausführung scheuten. [93])

[93]) Eine beachtenswerthe Eigenschaft, deren Sganzin nicht erwähnt hat, ist die manchen Steinen in schwächerem und stäekerem Grade zukommende Biegsamkeit. Die Tabelle No. IV. . . und No. V. . . geben die von Tretgold hierüber angestellten Versuche: (Ausführlicher sind dieselben sammt dem dabei angewandten Apparate beschrieben in Dr. Dingler's *polytech. Journale*, IV. Bd. 1. Heft, dann in Accum's obon S. 3. angeführten Werke, I. Th. S. 275 und folg.).

Die Versuche, deren Resultate auf der Tabelle No. VI. dargestellt sind, wurden, ohne Bestimmung der Biegung, zur Erlangung von Daten gemacht, nach denen die Seitenstärke der Steine berechnet werden könnte. Zur Vergleichung der Resultate dieser Versuche wandte Tredgold unten stehende Formel an, worin w das, eine Biegung δ hervorbringende Gewicht; W das Gewicht, welches das Stück brach; N die Niederdrückung zur Zeit des Bruches; l die halbe Länge; b die Breite; d die Dicke ist:

$\frac{2\,l^3\,w}{b\,d^3\,\delta}$ = dem Gewichte des Modulus der Elastisität, oder das Mass der elastischen Kraft;

Mit dem Namen **Bruchstein** bezeichnet man den Stein in kleinen Stücken, der gewöhnlich zur Aufführung vom Inneren des Gemäuers dient.

Man wendet ihn bisweilen auch zu den Häuptern solcher Mauern an, die in Beziehung auf Architektur von geringer Bedeutung sind.

Die meisten Beobachtungen, welche über die Hausteine, hinsichtlich des Widerstandes, in so weit dieser von ihre Dichtheit abhängt, gemacht worden sind, lassen sich auch auf die Bruchsteine anwenden.

Der Bruchstein wird gewöhnlich in solchen Brüchen gewonnen, aus welchen man die Hausteine bezieht; man bricht ihn auf den Bänken, die wenig Dicke haben.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des Bruchsteines bestehen darin, dass er hart ist, ein gutes Lager hat und dem Froste widersteht.

Es giebt noch eine andere Art Bruchstein, welche das Mittel zwischen den Hausteinen und dem rauhen Bruchsteine hält, es ist dis der **zugerichtete Bruchstein.** Er wird rechtwinklich und auf gleiche Höhe zugerichtet : sein vorderes Haupt ist gespizt. Man wendet ihn zur Aufführung von Mauern an, deren Stirnflächen eine sorgfältigere Ausführung erheischen.

Die Laven, die Basalte, die Roll - oder Lesesteine werden gleichfalls wie Bruchsteine an solchen Orten verwendet, wo Sand - oder Kalksteine selten sind. Diese Stoffe, obgleich im Allgemeinen minder lagerhaft als die kalkigen Bruchsteine, geben indessen dennoch ein gutes Füllgemäuer.

Von den Ziegeln und vom Pisé.

Der Ziegel ist eine Art künstlichen, aus reinem oder gemengtem Thone bereiteten Steines.

$\frac{3\,d\,N}{2\,l^2}$ = der Ausdehnung zur Zeit des Bruches;

$\frac{l\,W}{b\,d^2}$ = der Cohäsionskraft des Materiales, den Widerstand gegen die Spannung jenem gegen den Druck als gleich vorausgesezt. Die Tafel No. VII giebt die Ordnung in welcher verschiedene Arten von Sandsteinen der Härte nach einander folgen.

Die ersten, von den Alten gefertigten Steine dieser Art waren gross geformte, an der Luft getrocknete und an der Sonne gehärtete Massen von Thon.

Zeit und Erfahrung lehrten allmälig die Steine zu formen; um ihnen mehr Konsistenz zu verschaffen, mengte man gehacktes Stroh unter den Thon; endlich gelangte man dahin, ihnen dadurch eine grosse Härte zu geben, dass man sie der Wirkung eines heftigen Feuers aussezte.

Die Anwendung getrockneter Ziegel bei Bauten reicht bis in das hohe Alterthum hinauf: man findet deren in den Ruinen des alten Babylon: egyptische Monumente, einige Reste einer Pyramide beweisen, dass die getrockneten Ziegeln in den heissen Klimaten häufig gebraucht wurden, und dort einen hohen Grad von Härte erreichten.

Vitruv sagt, dass die Griechen und Römer sie bei den meisten ihrer Gebäude angewendet haben, und zeigt die Art und Weise wie diese Steine gefertigt wurden.

Die besten wurden aus weisem, oder rothen, mit Sand gemengten Thone bereitet. Die geeignetsten Jahreszeiten zur Fertigung der getrockneten Ziegel sind der Frühling und der Herbst, weil während denselben die Austrocknung gleichmässig vonstatten geht. Die im Sommer gemachten Ziegel trocknen aussen zu schnell und es entstehen dadurch Sprünge, wenn die innere Feuchtigkeit, um heraustreten zu können, diese Umgebung durchbrechen muss. Man verbrauchte diese Steine gewöhnlich erst zwei Jahre nach ihrer Fertigung.

Heutzutage bedient man sich der getrockneten Ziegel nur selten; man wendet sie bei ländlichen Gebäuden und an solchen Orten an, wo das Brenn-Material selten ist. [94])

[94]) Der Lehm, aus welchem man Luftziegel bereitet, soll weder zu fett noch zu mager seyn; im ersteren Falle muss man ihn mit Sand versezen, im zweiten Falle werden die Luftziegel nicht haltbar genug.

Als Bindemittel wendet man beim Lehmstein-Gemäuer am zweckmässigsten denselben Lehm an, aus welchem die Steine gefertigt sind; er darf im Allgemeinen gleichfalls weder zu fett noch zu mager seyn. — der Wassergehalt des, statt Mörtel angewendeten Lehms, ist zur Verbindung desselben mit Luftziegeln hinreichend, leztere werden daher ohne Annezen nur in den weichen Lehm eingedrückt. (Man vergleiche u. a. Accum a. a. O. II. Thl. S. 72 u. f.).

Der Pisé ist eine Bauart, die mit Erde ausgeführt wird; sie stimmt mit jenen aus getrockneten Ziegeln überein, nur ist sie viel einfacher und wohlfeiler.

Sie wird in verschiedenen Gegenden zur Aufführung ländlicher Wohnungen, Scheunen u. s. w. mit Erfolg angewendet und eignet sich mehr für südliche, als für nördliche Gegenden.

Die Fertigung des Pisè erfordert eine etwas kiesige Dammerde; im Allgemeinen sind die vegetabilischen Erden zu dieser Bauart geeignet.

Die Erde zur Fertigung des Pisé muss durch eine Hürde gesiebt seyn: gemeinlich reicht die natürliche Feuchtigkeit hin, sie so wie sie gegraben wird, verwenden zu können; ist sie zu trocken, so feuchtet man sie ein wenig und vollkommen gleichmässig so an, dass sie sich in der Hand ballen lässt.

Die Mauern werden theilweise und in Kästen aufgeführt, deren Wände aus Rahmen und Dielen bestehen. In diese Kästen schüttet man die Erde, in 3 bis 4 Zoll dicken Lagen, und stampft sie mittels Rammen, bis die Lagen nur mehr die Hälfte ihrer ursprünglichen Dicke haben. Der Rahmen hat gewöhnlich eine Länge von zehn Fuss, ist drei Fuss hoch und für die Mauer einer gewöhnlichen Wohnung 20 Zoll weit. Die einzelnen, eine Mauer bildenden Pisé-Blöcke erhalten demnach obige Abmessungen. Wenn ein Block vollendet ist, nimmt man den Rahmen ab, und schreitet zur Fertigung des nächstfolgenden, indem man den Flächen an den Stossfugen der Blöcke einen Winkel von 60 Grade giebt, damit sie sich unter einander verbinden. Diese Neigungen der aufwärts gehenden Fugen müssen nach der entgegen gesezten Richtung gehen, wenn man nach Vollendung einer unteren Blockschichte, die obere, welehe jene deckt, herstellt.

Die Thür- und Fenstergewende, die Sokel, die Stürze werden aus natürlichen oder gebrannten Steinen gefertigt.

Bevor man, wie es gebräuchlich ist, die Mauern mit Kalk verputzt, was zu ihrer Solidität beiträgt, muss man wenigstens sechs Monate vorüber gehen lassen, damit sie völlig trocken sind.

Durch vorstehende Details wird diese Bauart blos angezeigt; in den Werken des Herrn Cointeraux, Professor der ländlichen Baukunst, findet man alles, was nöthig ist, um sich eines

vollständigen Erfolges bei dieser wohlfeilen Bauart zu versichern. [95])

Gebrannte Steine (Backsteine, Ziegel) sind solche Steine, welche dadurch, dass sie lange der Wirkung eines heftigen Feuers ausgesezt waren, einen beträchtlichen Grad von Härte erlangt haben.

Die Römer haben diese Art Steine bei dem grössten Theile ihrer Bauten angewendet; die Mauern des Pantheon des Agrippa sind damit aufgeführt.

Es gab deren zwei Arten, die einen waren viereckig, die anderen dreieckig.

Die dreieckigen Steine wurden zu den Mauerhäuptern gebraucht und der parrallelogrammförmige Raum zwischen diesen Steinen, von denen zwei, in den Häuptern einander gegenüber liegend, die Mauerdicke bildeten, war mit Füllmasse angefüllt.

Unsere neueren Backsteine weichen von jenen der Römer in Form und Grösse ab. Sie sind rechtwinklich und haben gewöhnlich die doppelte Breite zur Länge. Ihre Dicke beträgt die Hälfte ihrer Breite.

Die kleinsten sind 8 — 9 Zoll lang. Sie dienen zur Aufführung der Kaminröhren. Die grossen, der Länge nach auf ihre breite Seite gelegt, welche zur Aufführung von Scheidewänden und leichten Gewölben dienen, sind bei 18 bis 22 Linien dick, und 11 bis 13 Zoll lang.

Die Backsteine werden wie die getrockneten Steine aus mehr oder minder mit Sand gemengtem Thone bereitet. [96]) Man knetet dis Gemenge sorgfältig zu einem zähen Teige durch, und

[95]) Ebenso gewährt des Hrn. Prof. Seebach Schrift »*der Pisébau*« über diesen Gegenstand die vollständigste Belehrung.

[96]) Damit der Thon zur Bereitung der Ziegel tauge, muss er frei von Wurzelwerk und andern organischen Stoffen seyn, wesshalb man ihn am besten 3 bis 4 Fuss unter der Erdoberfläche ausgräbt, er muss ferner angefeuchtet kleben, dem Handdrucke ohne Reissen weichen, sich fest zusammen ballen und schwer aus den Händen bringen lassen. —

Sehr bildsamer oder allzufetter Thon giebt Steine, welche beim Trocknen und Brennen reissen und bersten, schwer aus der Form gehe, sich beim

fertigt die Steine in Modeln. Wenn sie im Schatten unter Schoppen oder, durch Strohmatten gegen die Sonne geschüzt, in freier Luft völlig ausgetrocknet sind, werden sie in einem besonders dazu eingerichteten Ofen bis auf den erforderlichen Grad gebrannt.

Die Natur liefert fast allenthalben den zur Fertigung der Backsteine geeigneten Thon; da, wo er nicht zähe und bindend genug ist, hilft man durch Kunst nach, indem man die Erde durch verschiedene Beimengungen von Sand oder reinem Thon auf den entsprechenden Grad von Zähigkeit bringt. Erfahrung und Versuche bestimmen die Menge-Verhältnisse dieser Mischungen.

Um die Zubereitung der Erde zu erleichtern und sie zur Fertigung der Backsteine tauglich zu machen, muss der Thon

Brennen krumm ziehen und stark schwinden, demnach gebrannt ungleich gross sind und an deren, wenn sie sehr stark gebrannt sind, zu glatter Oberfläche der Mörtel nicht gut hält. —

Das Schwinden kann im Allgemeinen beim fetten Thon zu $^1/_3$, beim mageren zu $^1/_4$ des körperlichen Inhaltes des gebrannten Steines angenommen werden. Ein mit etwas Eisenoxyd gemengter Thon liefert sehr harte, feste, dichte, durch das Brennen roth gefärbte, hell klingende Backsteine, indem durch das Oxyd eine innigere Verbindung der Kiesel- und Thonerde begünstigt wird.

Ein stark mit kohlensauerem Kalke und mit Kalkmergel gemengter Thon wird leichter im Feuer schmelzbar, ist desshalb untauglich; die daraus gebrannten Steine werden löcherig, bersten und blättern sich ab. Ein dem Thone in sehr feinen Theilen beigemengter Kalk ist demselben minder nachtheilig, besonders wenn die Steine so stark gebrannt werden, dass sie anfangen zusammen zu sintern. —

Kalknieren und Kalkstein-Trümmer, die mancher Thon enthält, verwandeln sich beim Brennen in Aezkalk; dieser löscht sich später, wenn die Steine feucht werden, und bewirkt ihr Zerreissen.

Dem Thone beigemengter Schwefelkies, der durch das Brennen nur gerötset wird, und später verwittert, erzeugt Salzbeschlag und feuchte Mauern und trägt zur Zerstörung der Steine bei. — Die Qualität des dem Ziegelthone zugesezten Sandes wirkt auf die Güte der Steine ein; ist er zu grobkörnig, so werden die Steine zu schwer, mürbe und zerbrechlich.

Die Menge des dem Thone beigemengten Sandes soll im Allgemeinen grösser seyn, als das Volumen des durch das Brennen Statt findenden Schwindens des Thones. Der sehr bildsame Thon, welcher mit der Schaufel umgestochen, eine glatte Fläche zeigt, verträgt einen Zusaz von Sand von 20 bis 25 Prozent. (Man vergl. Aceum a. a. O. II. B. d. S. 40 u. f., ferner, Klöden: *Anleitung zur Kenntniss der wichtigsten natürlichen Bausteine u. s. w.*; in Crelle's *Journal für die Baukunst*: IV. Bd. 2tes Hft. S. 201 u. f.)

im November gegraben, den Winter hindurch der Luft ausgesezt und erst im darauf folgenden Frühling verwendet werden. Die Fröste und der Regen im Winter bewirken, dass die Erde sich leicht durcharbeiten lässt. Man muss grosse Sorgfalt auf die Reinigung der Erde von allen häufig darin vorkommenden steinigen und kiesigen Theilen wenden; denn diese Stoffe bringen bisweilen den Thon zum Flusse, was eine Veränderung der Form der Steine, während sie gebrannt werden, bewirkt.

Die mit Sorgfalt und zu wiederholten Malen durchgearbeitete Erde trägt besonders zur Dichtigkeit und folglich zur Güte der Backsteine bei. Der Unterschied der Dichtigkeit zwischen zwei getrockneten Backsteinen, von denen der eine sorgfältig, der andere auf gewöhnliche Weise durchgearbeitet ist, steht im Verhältnisse wie 86 zu 82.

Von diesen zwei zum Versuch gebrauchten Steinen, die beide auf gleiche Weise und unter denselben Umständen an der Luft getrocknet und einem gleichen Hizgrade ausgesezt worden waren, wog der erstere 4 Unzen mehr als der gewöhnliche Backstein; beide hatten durch das Brennen 5 Unzen ihres Gewichtes verloren.

Nachdem man die Steine, während jeder in seiner Mitte auf einem Schneideisen ruhte, einer auf den beiden Enden der Steine wirkenden Kraft ausgesezt hatte, brach der aus wohl durchgearbeiteter Erde gefertigte Stein erst unter einem Gewichte von 65 Pfund, während der gemeine Stein nur 35 Pfund trug. Dis kömmt einem Gewichte von 130 Pfund für den ersten und 70 Pfund für den zweiten Backstein gleich, wenn man sie als in der Mitte belastet annimmt.

Der Widerstand der Backsteine ist demnach von ihrer Dichtheit bedingt. Dis Resultat ist demjenigen ähnlich, welches wir bei dem Widerstande natürlicher Steine von einerlei Gattung beobachtet haben.

Was den Widerstand anbelangt, den ein Backstein zweien Kräften entgegen sezt, welche ihn in der Mitte zu brechen streben, so hängt derselbe nicht blos von der Sorgfalt, welche auf die Fertigung der Steine gewendet worden, sondern auch von der Beschaffenheit der Erde ab; in der That, die Backsteine von Maubeuge, sorgfältig, aber nach Ortsgebrauch gefertigt, haben, indem sie den Proben unterworfen wurden, einen weit stärkeren Druck ausgehalten als die des vorher erwähnten Ver-

suches: sie trugen auf ihre Mitte 440 Pfund, das heisst, mehr als das dreifache von derjenigen Last, unter welcher der aus einem, der Erde von Moubeuge an Qualität nachstehenden aber mit besonderer Sorgfalt durchgearbeiteten Thone gefertigt waren.

Man kann die Backsteine noch vervollkommnen und ihre Dichtigkeit bedeutend erhöhen, wenn man die getrockneten Steine unter eine Presse bringt. Dis Verfahren wird, nach Hr. Gallon, dem Verfasser mehrerer Schriften über die Fertigung der Backsteine, in den Ziegeleien von Chaumont beobachtet, und ist demjenigen nachgeahmt, welches in England Statt findet, wo man eine Art leichter und doch sehr dauerhafter Fajençe mittels eines Hebels presst.

Die zur Verdünnung der Erde nöthige Wassermenge hängt von der Gattung des zu verwendenden Thones ab; nur die Erfahrung allein kann jene bestimmen: im Allgemeinen darf sie nicht mehr als die Hälfte des kubischen Innhaltes des Thones betragen.

Die Sorgfalt, welche man auf das Brennen der Backsteine verwendet, trägt gleichfalls zur Güte dieser Gattung Materialien bei.

Zum Brennen werden verschiedene Arten Brennstoff, als Holz, Steinkohlen und Torf, angewendet. Jede Art von Brennmaterialien erfordert einen besonders gestalteten Ofen.

Die mit Holz geheizten Ziegelöfen sind zweierlei Art: grosse und kleine. In beiden werden die Steine und das Brennmaterial auf gleiche Weise eingesezt; sie unterscheiden sich blos durch die verschiedene Menge Steine die sie zu fassen vermögen. Die grossen Öfen fassen 100000 die kleinen 25000 Stück.

In einigen Orten Frankreichs und ebenso in Schweden beschränkt man sich darauf, statt bleibender, aus Backsteinen aufgeführten Öfen, diese, wie die Gewölbe des Heerdes worauf das Brennmaterial gelegt wird, aus getrockneten Steinen herzustellen.

Auf welche Weise aber die Öfen auch konstruirt seyn mögen, die Backsteine werden darin so geordnet, dass man sie der Breite nach auf ihre lange Seite, nemlich in der Art legt, dass die erste Lage die Zungen des Feuerheerdes überkreuzt; die zweite Lage überkreuzt dann die erste und so fort, wobei immer ein Raum zwischen den Steinen gelassen wird. Die lezte Lage wird mit einer 4 Zoll dicken Thonschichte überdeckt, um

die Wärme zusammen zu halten und sie mittels in jener angebrachter Öffnungen nach Belieben zu leiten.

Die Leitung des Feuers erheischt Erfahrung; man beginnt mit einem mässigen Feuer, das 24 Stunden lang andauert. Sodann erhöht man es, und erhält es während 36 Stunden auf diesem Grade. Nach den ersten 60 Stunden Feuerung steigert man dasselbe, bis es den höchsten Grad von Intensität erreicht hat, den man dann möglichst gleichförmig bis zum Garbrennen der Steine fortdauern lässt. Hierauf lässt man den Ofen erkalten, was 5 bis sechs Wochen Zeit erfordert, ehe man die Steine austragen kann.

Bei der Anwendung von Steinkohlen brennt man die Steine in freier Luft; der Bau des Ofens und seine Besezung mit getrockneten Steinen geschieht gleichzeitig. Zuerst bringt man eine Lage Steinkohlen auf die Heerdplatte, die man mit drei oder vier Lagen Steinen überdeckt; dann folgt wieder eine Lage Steinkohlen, und so fort bis zur Höhe von 20 Fuss.

In Holland werden die Steine mit Torf gebrannt. Die Öfen werden unter weiten Schoppen, auf die in Belgien übliche Art, erbaut. Das Brennmaterial wird auf den Heerd gelegt, der die ganze Grundfläche des Ofens einnimmt.

Von welcher Art aber auch die Öfen und das Brennmaterial seyn mögen, deren man sich zum Brennen der Steine bedient, niemals erhält die ganze Masse eines Brandes den gleichen Hizgrad, und es werden demnach Steine von verschiedener Qualität gewonnen. Man wendet diese zu verschiedenen Bauten an, für die sie in Hinsicht ihrer Härte mehr oder minder tauglich sind.

Die Güte eines Backsteines erkennt man daran, dass er angeschlagen einen hellen Klang giebt, dass das Korn fein und im Bruche dicht ist; endlich dass er dem Froste und den Einwirkungen der Jahreszeiten widersteht ohne dabei zu leiden. [97]

[97]) Ein guter, ins Wasser gelegter Backstein saugt etwa $\frac{1}{16}$ seines Gewichtes an Wasser ein, er darf aber, wenn er 24 Stunden darin gelegen, sich nicht abblätern, bröckeln oder zerspringen. Er darf keine groben Steine, am wenigsten aber Kalktheile enthalten; wird er zerhauen, so darf er sich nicht bröckeln, sondern muss scharf brechen. Endlich müssen, zur Erlangung eines guten Verbandes alle zu einem Gemäuer zu verwendenden Steine völlig gleiche Grösse haben.

Gut ausgesuchte Backsteine sind bei den meisten Bauwerken trefflich zu brauchen. Sie ersezen mit Vortheil die Bruchsteine, und selbst die Hausteine, wenn diese selten sind. Man bedient sich derselben zum Bau leichter Gewölbe: zu gewissen Bauten sind sie nothwendig, wie zu den Röhren und Zungen der Kamine, zu den Öfen und Heerden die einen hohen Hizgrad aushalten müssen. [98])

Die meisten Schleusen und Wasserbauwerke Hollands sind grossen Theils in Backsteingemäuer ausgeführt. Diese Art Mauerwerk eignet sich vortrefflich zu Wasserbauten und die damit aufgeführten Werke lassen, welche sie mit der Sorgfalt und Vorsicht hergestellt werden, welche man in Holland darauf verwendet, sowohl was ihre Solidität als ihre schöne Ausführung betrifft, nichts zu wünschen übrig.

Wir wollen diesen Abschnitt über die gebrannten Steine mit einigen Nachrichten über eine besondere Gattung derselben schliessen, die man schwimmende Steine nennnt, und die vermöge ihrer Leichtigkeit wirklich die Eigenschaft besizen, sich über dem Wasser zu erhalten.

Es scheint, dass die Alten diese Art Backsteine gekannt haben; man fertigte dergleichen im Mittelalter und es wird behauptet, dass man sich solcher zum Bau der Kuppel auf der Sophieen-Kirche zu Constantinopel bedient habe.

Der berühmte Naturforscher Fabroni, Direktor des Museum zu Florenz, hat es versucht, leichte Backsteine aus einer Mineralsubstanz zu fertigen, die unter den Namen Steinmark oder Bergmehl bekannt ist. Diese Erdart kömmt im Toskanischen sehr häufig vor: sie besteht in hundert Theilen aus: Kieselerde 55,0 + Talk 15,0 + Thon 12,0 + Kalk 3,0 + Eisen 1,0 + Wasser 14,0 = 100.

[98]) Zu den leztgenannten Gegenständen, dann zur Ausmauerung von Fachwänden taugen auch die minder guten Backsteine, zu solchen Bauten aber, die der Witterung stark ausgesezt, oder stark belastet sind, oder einem Drucke widerstehen müssen, können nur festgebrannte Steine, als die besten verwendet werden.

Die ausserordentlich festen, meist etwas krummen, sehr dichten und harten, theilweise verglasten Backsteine dienen zur Aufführung von Wasserbauwerken und auch zum Pflaster.

Im Allgemeinen steht dem aus guten Backsteinen mit Sorgfalt ausgeführten Mauerwerke eine sehr hohe Festigkeit und Dauer zu.

Wenn man diesen Stoff anfeuchtet, entbindet sich ein leichter weisser Rauch aus demselben: diese Erde brausst mit Säuern nicht auf; durch das heftigste Feuer unschmelzbar, verliert sie durch dasselbe $\frac{1}{8}$ ihres Gewichtes, ohne ihren Rauminhalt merklich zu verringern.

Die Backsteine, welche Fabroni aus diesem Stoffe gefertigt, haben ein geringeres spezifisches Gewicht, als das Wasser. Sie binden sehr gut mit dem verschiedenen Mörteln: weder der Frost, noch die stärkste Hize bringen an ihnen eine Veränderung hervor.

Diese erdige Substanz ist zerreiblich; um die Schwierigkeit der Fabrikation zu vermindern, und dem Stoffe die nöthige Dehnbarkeit zu geben, mengte Fabroni denselben mit etwa $\frac{1}{4}$ Thon. Dieser Zusaz eines Stoffes, der schwerer als das Wasser ist, muss so beschaffen seyn, dass er den Steinen nicht die Eigenschaft nimmt, in dieser Flüssigkeit zu schwimmen.

Einer dieser Backsteine von $0{,}19^m$ (0,65′) Länge, $0{,}12^m$ (0,41′) Breite und $0{,}045^m$ (0,15) Dicke, wog nicht mehr als 0,13 Kil. (0,25 Pfund). Die gemeinen toskanischen Backsteine von gleichen Abmessungen wiegen 2,53 Kil. (4,5 Pfund).

Die grosse Leichtigkeit dieser Steine, ihre Unschmelzbarkeit im stärksten Feuer machen sie ganz vorzüglich zum Bau von Brennöfen geeignet. Sie sind so schlechte Wärmeleiter, dass man das eine Ende eines solchen Steines zwischen den Fingern halten kann, während das andere roth glüht. Man kann daraus pyrometrische Steine zum gewöhnlichen Gebrauch fertigen, die minder kostbar als die von Wedgewood sind. [99]).

Diese Art Steine würde mit vielen Nuzen zum Bau der Küchen auf Schiffen anzuwenden seyn: ebenso könnte man daraus die Magazine für Öl, Talg, Erdpech und andere brennbare Stoffe in den See-Arsenalen herstellen.

Der verstorbene Faujas, Professor am Museum der Naturgeschichte zu Paris, fand im Departement Ardeche eine Substanz, ähnlich derjenigen, woraus Fabroni seine leichten Backsteine gefertigt hat: er stellte damit verschiedene Versuche an,

[99]) Bisweilen versezt man die Ziegelmasse mit Torfgruss, Sägespänen oder mit anderen vegetabilischen Stoffen, die beim Brennen zerstört werden und erhält so leichtere, indessen aber doch sehr feste Backsteine.

welche zu demselben Resultate wie die in Toskana gemachten, lieferten.

Hr. Faujas wünschte durch einen genauen und entscheidenden Versuch den grossen Nuzen dieser Steine für das Mauerwerk auf Schiffen darzuthun, und liess deshalb mit den von ihm gefertigten Backsteinen in einem alten Fahrzeuge ein gewölbtes Gemach aufführen; dieses füllte er mit Schiesspulver an und nachdem er dasselbe mit Brennmaterialien umgeben und bedeckt hatte, liess er das Fahrzeug in Brand stecken; es brannte bis auf die Tracht gänzlich ab, sank unter, und das Pulver, geschüzt durch das Mauerwerk jener Steine, machte keine Explosion.

Es wäre zu wünschen, dass man von einer so kostbaren Entdeckung für das Seewesen Nuzen ziehe. —

VI. Vorlesung.

Von den zur Mörtel - Bereitung dienenden Materialien. — Vom Kalke; — vom Sande; — vom Cement; — von der Puzzolane; — vom Basalte; — vom Bimssteine; — von der Asche von Tournay. — Vom Gypse.

Vom Kalke.

Unter allen Materialien, welche zur Bereitung der verschiedenen Arten von Mörtel in Anwendung kommen, ist der Kalk das wichtigste; er wird durch das Brennen der kalkigen Steine gewonnen. [100])

Das Brennen der Kalksteine geschieht entweder in einem offenen oder in einem geschlossenen Ofen, indem man den Brennstoff entweder zu unterst oder schichtenweise mit dem Steine einsezt. Es hängt dis von der Gattung des Brennmateriales ab, das entweder Holz oder Steinkohle ist.

In der Praxis weiss man, dass der Kalk völlig gar gebrannt ist, wenn sich über dem Ofen ein lebhafter Feuerkegel ohne Rauch erhebt; untersucht man die Steine, so findet man, dass sie die Farbe geändert und einen weisslichten Ton angenommen haben, indem sie zugleich etwa die Hälfte ihres Gewichtes verloren; diese praktischen Kennzeichen hängen aber, mit Ausnahme

[100]) Nachdem bereits im Voranstehenden (Seite 14 bis 17, dann Seite 50 bis 51 und Seite 56 bis 70) von den verschiedenen Arten des Kalkes, von, ihren physischen und chemischen Eigenschaften, so wie von der Anwendung welche sie bei dem Bauen finden, das Nöthige gesagt worden, bleibt aus dieser, wie aus der nachfolgenden Vorlesung billig alles das hinweg, was im Originale hierüber enthalten ist. Ebenso wurde alles, was nur für Frankreich von Interesse seyn kann, hinweggelassen oder nur in Noten kurz berührt.

des zuerst genannten, welches als Regel feststeht, offenbar von der Qualität der dem Brennen ausgesezten Steine ab. Nach den Untersuchungen, welche man über die beste einem Ofen zu gebende Form angestellt hat, damit die Steine in möglichst kurzer Zeit und mit dem wenigsten Brennmateriale gar gebrannt werden, hat man gefunden, dass ein Ofen mit kreisrunder Grundfläche, dessen vertikaler Durchschnitt eine Elipsoide darstellt, hiezu der vortheilhafteste ist. Die Untersuchung und Erörterung dieser Frage sind im 9ten Bande des Journal des Mines, S. 105 enthalten. [101])

Der lebendige Kalk, der die Feuchtigkeit aus der Luft stark anzieht, und der, indem er zerfällt, sein Volumen vermehrt, besizt die Eigenschaft, mit dem Sande, mit dem Cemente und ei-

[101]) Das Brennen des Kalkes in eigens hiezu erbauten Öfen findet dort Statt, wo es im Grossen betrieben wird, und ist zugleich das vortheilhafteste; nicht selten aber bedient man sich der sogenannten Meiler, der Feldöfen, oder brennt den Kalk in Gruben, die meist am Abhange eines Hügels ausgegraben werden. Sehr häufig wird der Kalk in Ziegelöfen mit Ziegelsteinen zugleich eingesezt und gebrannt, indem er darin die unteren Räume des Ofens füllt. Eine ausführliche Beschreibung der Kalk- und Ziegelöfen findet man u. a. in des Hrn. Ingenieur Wolfram *Handbuch für Baumeister*, 1r. Thl., §§. 177 mit 183 und §§. 204 mit 210, 2. Aufl. Rudolstadt 1821.

Um den Kalk gar zu brennen werden gewöhnlich 36 bis 46 Stunden Zeit erfordert.

Die auf manchen Ziegeleien herrschen sollende Meinung, dass ein Kalk, der, bevor er gar gebrannt worden, aus dem Ofen gefallen und erkaltet ist, auch durch das stärkste und anhaltendste Feuer sich nicht mehr gar brennen lasse, hält Hr. Hofrath Fuchs (man sehe dessen oben auf Seite 3 angeführte Schrift *über Kalk und Mörtel*, S. 310), gestüzt auf desshalb eigens angestellte Versuche, für völlig ungegründet, indem er wahrnahm, dass ein nicht völlig gar gebrannter, einem zweiten starken und anhaltenden Feuer ausgezter Kalk jederzeit seines ganzen Gehaltes an Kohlensäure beraubt wurde, er mochte davon vorher viel oder wenig verloren haben. Andere, von Hrn. Fuchs angestellte Versuche haben gezeigt, dass, nicht nur aus dem Kalksteine sondern auch aus dem Aezkalke durch ein schwaches aber lange fortgeseztes Brennen sich ein basisches Kalk-Carbonat oder halb-kohlensauerer Kalk darstellen lasse, indem der rohe Kalk nur einen Theil seines Kohlensäure-Gehaltes verliert, der Aezkalk aber unter gleichen Umständen zwischen roth glühenden Kohlen eben so viel Kohlensäure in sich aufnimmt, als dem rohen Kalke an solcher entzogen wird. Hr. Fuchs hält dafür, dass der sogenannte todtgebrannte Kalk, meist nichts anderes als solcher halbgebrannter Kalk sey, der sich im Wasser nicht mehr löscht.

nigen anderen Stoffen, die man zur Mörtelbereitung anwendet, sich fest zu verbinden. Die Mengung geschieht mittels Wasser.

Unter den verschiedenen Gemengen bemerkt man, dass der Kalk eine grössere Adhärenz zur Kiesel- als zur Thonerde habe.

Wenn man den lebendigen Kalk mit Wasser anmacht, vereint und bindet sich diese Flüssigkeit mit ihm, und geht in den Zustand der Festigkeit über; diese Erscheinung rührt von dem Wärmestoffe her, der sich während jenes Verfahrens entwickelt. Die neueren Chemiker messen die Härte des Mörtels dem Festwerden des Wassers bei.

Die härtesten Kalksteine liefern den besten Kalk; aber nicht alle harten Kalksteine liefern einen solchen Mörtel. Man erhält grösstentheils den sogenannten fetten Kalk, der magere Kalk ist seltener. [102])

[102]) Der Text des Originales verbreitet sich hier, nachdem noch des sogenannten fetten und mageren Kalkes Erwähnung geschehen, über einige ältere Untersuchungen des lezteren, von denen nachstehendes mitzutheilen genügen dürfte.

Nach Bergmann's und nach Guyton de Morveau's Untersuchungen des Steines von Lena (in Schweden), der einen sehr fest werdenden Mörtel liefert, enthält dieser Stein: Kalk 90 + Bittererde 6 + Thon 4 = 100.

Guyton de Morveau, dessen Abhandlung über den Mörtel sich in den franz. *Annalen der Chemie* vom Jahre IX findet, hat in jedem von ihm untersuchten mageren Kalke Manganoxyd angetroffen. — Zur Bereitung eines künstlichen mageren Kalkes schlägt derselbe ein Gemenge von 90 Theilen gemeinen gepulverten Kalksteines, 4 Theilen Thon und 6 Theilen schwarzen Manganoxydes, — oder, an des lezteren Stelle, Weisseisenerzes, — vor, welches Gemenge, gebrannt, einen trefflichen künstlichen, mageren Kalk liefern soll.

Der in der Umgegend von Metz vorkommende, seiner ausgezeichneten Härte wegen berühmte, magere Kalk enthält, nach der an der polytechnischen Schule zu Paris im Jahre V damit angestellten Analyse zufolge: Kohlensäure 39,00 + Kalk 44,50 + Kieselerde 5,25 + Thonerde 1,25 + Bitterde 3,50 + Eisenoxyd 3,20 + Wasser 2,25 + Verlust 1,05 = 100,00.

Der Stein von Senonches (Departement d'Eure- et Loire), welcher den Kalk zu Wasserbauten liefert und in Paris häufig verwendet wird, enthält nach Descotil's Analyse eine grosse Menge Kieselerde, — ungefähr den vierten Theil seines Rauminhaltes, — die in sehr feinen Theilchen in der Kalkmasse des Gesteines enthalten ist.

In einer Note zur dritten Vorlesung des Originales dieses Werkes, — welche vom Kalke handelt, und einen Theil dieser sechsten Vorlesung ausmacht, — bemerkt der Verfasser Folgendes:

Vom Sande.

Die Naturforscher haben die Sandgattungen nach ihren wesentlichen Bestandtheilen klassificirt: es giebt kiesigen, kalkigen und thonigen Sand; man unterscheidet noch den metallischen Sand.

In der Baukunst betrachtet man den Sand in zwei anderen, von seinen wesentlichen Bestandtheilen unabhängigen Beziehungen; nemlich hinsichtlich der Grösse der Theile woraus er besteht, und hinsichtlich des Fundortes.

Man nennt daher Kiessand den aus grossen, kantigen und unregelmässigen Theilen bestehenden Sand; Sand schlechthin denjenigen, dessen Theile mehr zerkleint und regelmässiger sind; Gries jenen, der die feinsten Theile hat. Man unterscheidet ferner Gruben- und Fluss- oder Meersand.

„Das so eben Mitgetheilte ist das Resultat der Kenntniss des Kalkes zu der Zeit, als diese Vorlesnngen bekannt gemacht wurden; seitdem erschien aber, im Jahre 1818, ein Werk über die bei dem Bauen in Anwendung kommenden Kalkarten, über den Béton und über den gemeinen Mörtel, in welchem der Verfasser, Hr. Vicat, Ingenieur bei dem königl. Korps des Brücken- und Strassen-Baues, nach der strengsten chemischen Theorie und nach ihrer Anwendung auf sehr vielfältige Versuche, die Mittel entdeckt hat, alle kalkhaltigen Stoffe, von welcher Gattung sie auch seyn mögen, in mageren Kalk, den man hydraulischen nennt, umzuwandeln.“

„Das Verfahren, welches der Verfasser zu diesem Behufe anwendet, ist eine wahre Synthese, die auf eine innige Weise mittels des Feuers die wesentlichen Bestandtheile vereinigt, welche die Analyse bei den natürlichen hydraulischen Kalkarten ausscheidet.“

„Da diese Umwandelung eine sehr wichtige Entdeckung für die Verbesserung des Mauerwerkes ist, so geschieht es im Interesse der Kunst, wenn man die von dem Verfasser angegebenen vorzüglichsten Mittel hier bezeichnet.“

„Das Verfahren besteht darin, den gemeinen Kalk, den man umwandeln will, in einer gedeckten Pfanne zu löschen. Man knetet ihn dann, unter Hinzugiessen von etwas Wasser, mit grauem oder braunem Thone oder mit gewöhnlichem Ziegelmehl zusammen. Aus diesem Teige macht man Kugeln, die man trocknen lässt, um sie dann bis zu dem erforderlichen Grade zu brennen und erhält aus diesem Gemenge einen Kalk von einer ganz anderen Beschaffenheit als die des gemeinen Kalkes ist.“

„Wenn man das Mengungs-Verhältniss einmal kennt, so kann man diesem künstlichen Kalke den Grad von Stärke geben, den man wünscht, und der selbst dem besten natürlichen hydraulischen Kalke gleich kommt, ja ihn sogar übertrifft.“

Vitruv und nach ihm die italienischen Schriftsteller, welche über die Konstruktion geschrieben haben, behaupten, dass der Grubensand, mit Kalk gemengt, den besseren Mörtel gebe: die Neueren, unter welche man Belidor zählt, sind der Meinung, dass der Flusssand vorzuziehen sey. Diese lezte Meinung ist die allgemein herrschende; sie widerspricht jedoch den später von Rondelet angestellten Versuchen.

Dieser gewandte Baumeister, Verfasser des Werkes: L'art de batir, dessen Eifer für die Untersuchungen, welche die Vervollkommnung der Kunst zu Bauen zum Gegenstand haben, nicht genug gerühmt werden kann, hat Versuche angestellt, um diese Meinungsverschiedenheit über die beste Gattung Sandes zu beseitigen, und diejenige zu bestimmen, welche den Vorzug verdient.

Aus diesen Versuchen geht hervor:

1tens, dass der reine kieseligte Sand einen minder harten Mörtel als der weniger reine Sand giebt, wenn beide in gleicher Quantität mit einer und derselben Gattung Kalk gemengt werden, und dass dieser Mörtel nur langsam austrocknet;

»Der fette Kalk, den der Verfasser gemeinen Kalk nennt, kann 20 pCt. Thonerde vertragen. Zu dem Kalke, der die Mitte zwischen dem fetten und mageren hält, können 0,15 bis 0,06 pCt. Thonerde verwendet werden. Verwendet man den Zuschlag auf 0,04 so zerfällt der Kalk nicht; er wird leicht zu Pulver und giebt gelöscht einen Brei, welcher schnell steif wird, wenn er eingesumpft ist.«

»Eine wesentliche Beobachtung, welche der Verfasser gemacht hat, ist die, dass die abgesondert gebrannte Thonerde, in den oben angegebenen Verhältnissen dem Kalke beigemengt, nicht die nemlichen Resultate giebt, als wenn die Mengung vor dem Brennen geschehen ist; hieraus schliesst der Verfasser, dass die Grundstoffe, aus denen das Gemenge besteht, einander wechselseitig modificiren.«

»Der Kubikmeter künstlichen hydraulischen Kalkes, unter den Augen des Verfassers zu Souillac, im Departement Lot, nach den oben angegebenen Mengungen und Verfahren gefertigt, kostete 35 Francs.«

»Man muss in dem Werke des Hrn. Vicat, welchem die Akademie der Wissenschaften und das General-Konseil des Brücken- und Strassen-Baues ihren Beifall zollten, diese neue Theorie über die Bereitung hydraulischer Mörtel studieren und die Beobachtungen zu schäzen wissen, zu welchen die zahlreichen, von dem Verfasser zur Untersuchung seiner Theorie angestellten Versuche Raum gegeben haben.«

Im Voranstehenden handelt es sich von der Bereitung eines künstlichen hydraulischen Kalkes. So wichtig dis indessen für jene Gegenden ist, in wel-

2tens, dass der Grubensand einen besseren, härteren und schneller austrocknenden Mörtel giebt als der Flusssand;

3tens, dass unter den verschiedenen Gattungen Sand, die von dunklerer Farbe im Allgemeinen einen besseren Mörtel liefern.

4tens, dass der frisch geförderte, und auf der Stelle so wie ihn die Grube liefert angewendete Sand, einen besseren Mörtel giebt, als der mit demselben Sande bereitete Mörtel, wenn ersterer geschlemmt und an der Sonne getrocknet worden ist;

5tens, dass der mit sehr feinem Griese bereitete Mörtel nicht dieselbe Härte erlangt, als der aus Sand, dessen Körner von mittlerer Grösse sind;

chen man bis jezt keinen natürlichen hydraulischen Kalk gefunden, so wird doch der Kreis seiner Anwendung sich immer mehr beschränken. Die immer weiter sich verbreitende Erkenntniss der trefflichen Eigenschaften, welche der hydraulische Kalk besizt, und durch welche er den gemeinen, fetten Kalk weit übertrifft, vereint mit dem Wunsche, dis vorzügliche Bindemittel auf die wohlfeilste Weise zu gewinnen, fordern zu eifriger Nachforschung auf und dieser ist es bereits gelungen, an solchen Orten, wo man das Vorhandenseyn dieses Stoffes kaum geahndet, ja ihn selbst, als zu baulicher Verwendung untauglich, verworfen, in reichen Vorräthen und von vorzüglicher Güte aufzufinden. (Man sehe u. a. des Hrn. Ingenieur F. Panzer interessante Schrift: *Anleitung über die Bereitung des Mörtels aus hydraulischem Kalke, in Beziehung auf die Auffindung des vorzüglich hierzu sich eignenden Mergels,* u. s. w. Würzburg bei Becker, 1831. 31 Seiten in 8.)

Es dürfte hier der Ort seyn, das sehr einfache Verfahren anzugeben, welches bei der Untersuchung, ob ein Kalk-Gestein ein sogenanntes hydraulisches sey, in Anwendung kommt, und zugleich jene Steine, welche sich hiezu vorzüglich eignen, anzuführen.

Es ist bereits oben (S. 17) gesagt worden, dass namentlich der Gehalt an Thon- und Kieselerde es ist, welcher dem Kalke die Eigenschaft verleiht, schnell zu erhärten und ein, die Steine, welche er verbinden soll, an Festigkeit oft selbst übertreffendes Cement zu liefern. Ein zu untersuchendes Stück Stein wird zu Pulver zerstossen, und so lange mit verdünnter Salz- oder Salpesäure übergossen, bis kein Aufbrausen mehr Statt findet. Die Flüssigkeit, sammt dem Bodensaze in ein Filtrum gebracht, wird nun mit Wasser ausgesüsst, sodann der Rückstand getrocknet und im Filtrum gewogen. Die Differenz dieses und des Gewichtes des Filtrums an sich giebt den Thongehalt.

Durch so lange fortgeseztes Zugiessen von Kalkwasser in die klare Auflösung, bis keine Trübung mehr erfolgt, wird die darin enthaltene Kalkerde, und zugleich auch allenfalls beigemengtes Mangan- und Eisenoxyd gefällt. Dieser auf dem Filtrum gesammelte, mit Wasser ausgesüsste und dann getrocknete Niederschlag wird gleichfalls gewogen.

6tens, dass der gestossene Grand schlechten Mörtel liefert;

7tens, dass man aus dem Pulver des harten Kalksteines einen minder guten Mörtel, als aus Pulver von weichem Kalksteine erhält;

8tens, dass ein Gemenge von Kalk mit dem gepulverten Kalksteine selbst keinen so guten Mörtel giebt als der Grubensand, oder als ein Steinpulver von einer anderen, als der zum Kalke angewendeten Gattung;

9tens, dass ein aus sehr hartem Kalksteine gewonnener Kalk, mit dem weichen pulverisirten Steine von Conflans gemengt, eine eben so harte als compakte Consistenz als der Stein von Conflans selbst erlangte;

10tens, dass ein Gemenge aus Kalk und Cement einen härteren Mörtel liefert, als derjenige ist, welchem man Sand beisezt;

Auf eine andere Weise wird der Stein geprüft, indem man denselben, nachdem er in etwa 1 Zoll grosse Stücke zerschlagen worden, $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden lang einer Rothglühhize aussezt, die gebrannten Stücke in feines Pulver verwandelt, gerade so viel Regenwasser, als zur Sättigung erfordert wird darüber giesst, die Masse zu einem steifen Teig zusammen knetet, diesen abtrocknet, in ein Glas eindrückt und endlich mit Wasser übergiesst. Bei guter Qualität des Gesteines muss die Probe schon nach 24 Stunden dem Drucke des Fingers Widerstand leisten und endlich die Härte eines Steines erlangen. (Man sehe die Schriften von Fuchs, Vicat und John: über *Kalk und Mörtel;* Accum: *phys. u. chem. Beschaff. d. Baumaterialien.* II. Bd. S. 126 u. f.).

Die Gesteine, welche einen natürlichen, hydraulischen Kalk liefern, haben im Allgemeinen erdigen, bisweilen ins Schieferige übergehenden Bruch, und sind von grauer ins Schwärzliche oder Gelbliche ziehender Farbe. Angehaucht entwickeln sie einen thonigen, mitunter bituminösen Geruch. Es gehören dahin die sogenannten mageren Kalk-, die Mergelarten, der Dolomit.

Der kieselhaltige Kalkstein von Boulogne-sur-Mer, von welchem der Text des Orginals dieses Werkes, in der V. Vorlesung umständlich handelt, besizt die Eigenthümlichkeit, ohne Zusaz von Kalk einen Mörtel von ausgezeichneter Güte zu liefern, der schnell im Wasser erhärtet.

Dieses vor noch nicht langer Zeit entdeckte und anfangs unrichtig mit dem Namen Gyps-Cement belegte Gestein wurde bis jezt in der Umgegend von Boulogne nur in kleinen Geschieben und in geringer Menge am Ufer des Meeres gefunden. In England soll er in der Nähe der Kupferbergwerke häufig vorkommen und, gebrannt und in Pulver umgewandelt, als ein Gegenstand des Handels nach Indien, wo er häufig angewendet wird, versendet werden.

Nachstehendes sind die wesentlichsten Resultate der Untersuchung des Gesteines, die, von einer hiezu eigens angeordneten Kommission angestellt, in dem 12ten Theile des Journal des Mines aufgezeichnet sind.

11tens endlich, dass der aus Kalk und aus Weisse von Bougival bereitete Mörtel mehr Konsistenz erlangt, und ein dichteres Gewebe als der Gyps zeigt, und dass dieses Gemenge, wenn es mit einem Felle abgerieben und geglättet wird, so glänzend wie italienischer Stucco wird.

Diese für die Kunst zu Bauen sehr wichtigen Resultate von Versuchen zeigen im Allgemeinen, dass, in Übereinstimmung mit der Meinung Vitruv's, der Grubensand und die analogen Stoffe den besten Mörtel geben.

Die pariser Werkleute richten sich nach diesen Beobachtungen; sie wenden den Grubensand znm groben Mauerwerk und den Flussand zum Puze an. [103])

Der Boulogner-Stein hat eine mehr oder minder regelmässige Gestalt; er ist immer flach, nicht über eine Hand stark; seine Farbe ist an seinen äusseren Seiten röthlich-grau, im Bruche graulich, an dessen Kanten rostähnlich; er fühlt sich auf dem Bruche fettig an, klebt an der Zunge und hat ein feines, dichtes Korn; sein spez. Gew. = 2,16; er ist sehr hart und schwer zu zerbrechen; er giebt am Stahle keine Funken, dagegen brausst er mit Salpetersäure auf. Er wird wie gewöhnlicher Kalk gebrannt, sein spez. Gewicht ist dann = 1,332, seine Farbe von Aussen gelblich, seine Härte erleidet keine Veränderung und er hat nicht das Äzende des Kalkes. Nach Drapur's Untersuchungen besteht das Gemenge dieses Steines aus: kohlens. Kalk 61,6, kohlens. Eisen-Oxyd 6,1, Thon 22,8 (aus 15,0 Kieselerde, 4,8 Alaunerde und 3,0 Eisenoxyd bestehend), Wasser 6,6. Der daraus gebrannte Kalk enthält: Kalk 54,0 + Thon 31,0 + Eisenoxyd 15,0 = 100,0.

In Pulver verwandelt und allmälig mit Wasser gelöscht, wird der Stein wie Gyps angewendet; das Wasser bindet sich mit demselben, wird fest und entwickelt Wärme. Die Masse erhärtet schnell. Daraus gefertigte Wasserleitungsröhren von wenigen Linien Dicke, bald darauf mit Wasser gefüllt und aufbewahrt, liessen während der Dauer des Versuches keine Spur von Wasser auf ihrer Oberfläche wahrnehmen.

Aus diesem Stoffe gefertigte und damit zusammen gekittete Prismen, so wie damit verkittete Ziegeln nnd Kalksteintrümmer konnten, nachdem sie drei Tage lang im Wasser gelegen, durch keine Druckkraft, sondern nur durch Stosskraft getrennt werden.

Eine Temperatur von 6° unter dem Nullpunkte des Reaumur'schen Thermometers brachte an dem derselben ausgesezten Mörtel keine Veränderung hervor. Ein heftiges Feuer von 65° bis 75° bewirkte ein Schwinden der Masse, das, mit dem Wedgwood'schen Pyrometer gemessen, zu dem einer damit verglichenen Masse reiner Thonerde sich wie 4 zu 5 verhielt.

[103]) Der reine Grubensand soll zur Mörtelbereitung desshalb vor dem Flusssande den Vorzug verdienen, weil die scharfen, eckigen Körner des er-

Vom Cement, von den Puzzolanen und vom Trass.

Gebrannter, in Pulver verwandelter, gemeinlich aus Backstein- oder Ziegeltrümmern bereiteter Thon, wird mit dem Namen Cement bezeichnet. Vermöge der Grundbestandtheile der Backsteine, welche aus Thonerde, Kieselerde bestehen, und ihre

steren dem sie umgebenden Kalke eine grössere Oberfläche darbieten, wodurch so die Verbindung befördert werde.

Herr Hofrath Fuchs (man sehe dessen Abhandlung über Kalk und Mörtel) stimmt dieser Ansicht nicht bei; er sagt: „dass der Kalk besser an rauhen, als an glatten Sandkörnern haften könne, ist leicht einzusehen, aber schwer zu begreifen ist, was die scharfen Ecken und Kanten dazu beitragen sollen. Ich muss daher die vortheilhafte Meinung, welche man von dieser Gestalt des Sandes hat, bloss für ein Erbtheil aus der alten Zeit betrachten, in welcher man sich die Wirkung der Körper auf- und in einander nicht anders, als durch spizige und hackige Formen ihrer Theile vorstellen konnte. Die Natur kittet in den Brekzien gleich gut runde, stumpf- und scharfeckige Stücke zusammen, warum sollte es beim gewöhnlichen Mörtel, der ein ähnliches Konglomerat ist, anders seyn?« —

Über die Qualität des zur Mörtelbereitung in Anwendung kommenden Sandes im Allgemeinen äussert sich Hr. Fuchs auf folgende Weise: „Mit jedem Sande lässt sich ein guter Mörtel darstellen, wenn er rein und von gehörigem Korne ist. Ich glaubte früher mit mehreren Chemikern, dass man ohne Quarzsand keinen guten Mörtel bereiten könne, bin aber von dieser Meinung zurück gekommen, seitdem ich hier, wo man nur Kalksand hat, unter welchem sich sehr wenig kleine Quarzkörner finden, sehr guten Mörtel habe darstellen sehen. Der Quarzsand mag jedoch vorzüglicher seyn, weil er seiner Härte wegen dem Ganzen mehr Festigkeit giebt, und der Kalk demselben ohne Zweifel etwas stärker adhärirt, als dem Kalksande. Sehr nachtheilig für den Mörtel ist es, wenn der Sand mit Thon und mit organischen oder humusartigen Theilen, welche mit dem Kalk gar nicht binden, verunreinigt ist. Davon kann man ihn durch Waschen befreien, was man so lange fortsezen muss, bis das Wasser klar davon läuft. Ein anderes, und wie ich glaube, noch viel besseres Mittel ihn zu verbessern, wäre ein gelindes Brennen, wodurch die organischen Substanzen zerstört und die thonigen Theile in Cement verwandelt würden. Ein mit sehr schwach gebranntem unreinen Kalksand angestellter Versuch hat mir ein sehr gutes Resultat gegeben. Allein da man sich nicht gerne zum Waschen versteht, so wird man noch mehr Abneigung gegen das Brennen des Sandes haben, zumal da dieses noch etwas kostspieliger ist. Indess möchte es doch in manchen Fällen lohnend seyn.« —

„Bei dem zum Mörtel bestimmten Sande ist die Grösse des Kornes einer der wichtigsten Punkte. Weder durchaus feiner, noch durchaus grober Sand leistet ganz das, was man verlangt; am wenigsten der leztere, weil er zu viele leere Zwischenräume bildet und dem Kalk zu wenig Oberfläche darbie-

Farbe durch das Eisenoxyd erhalten, und nach der Eigenthümlichkeit, welche der Kalk besizt, mit diesen Stoffen Gemenge zu bilden, welche eine grosse Härte zu erlangen fähig sind, besizt der Cement alle zur Bereitung eines ausgezeichneten Mörtels erforderlichen Eigenschaften.

Der beste Cement wird aus Dachziegeln und selbst aus Trümmern gutgebrannter Töpferwaaren gewonnen. Der aus gewöhnlichen Backsteinen ist selten von guter Qualität, weil die Cement-Fabrikanten im Handel, um das Pulvern zu erleichtern, die weichsten Backsteine nehmen.

Der Cement, welchen man aus den Thonüberzügen bereitet, in welchen das Steingut gebrannt wird, und die man Muffeln nennt, ist von vorzüglicherer Qualität.

Man kann einen aus weichen Backsteinen bereiteten Cement verbessern, indem man ihn in einem Reverberirofen einem hohen Grade von Hize aussezt. Der im Grossen angestellte Versuch bei Erbauung des Hauptschleusenbodens am Hafen von Alexandrien, um eine Brückenschleuse herzustellen, lässt hierüber keinen Zweifel zu. Der mit diesem Bau beauftragte Militär-Ingenieur brachte

tet. Der mechanische Mörtel soll ein ähnliches Gemenge darstellen, wie wir mehrere in der Natur antreffen; er soll eine porphyrartige Struktur haben; grober und feiner Sand in mehren Abstufungen sollen immer zugleich vorhanden seyn; der feine, welcher dem Kalke eine grosse Oberfläche darbietet, soll mit dem Kalke die Hauptmasse bilden, und diese, nicht der Kalk allein, soll die leeren Räume zwischen den groben Körnern ausfüllen, und das Bindemittel für sie abgeben. Die Grösse der Sandkörner hat übrigens keine bestimmte Gränze; sie können von jeder beliebigen und nach Umständen zulässigen Ausdehnung bis zur Kleinheit eines feinen Pulvers herab gehen. Sehr grober Sand ist eben nicht nothwendig, aber feiner ist jedenfalls Bedingniss zu einem guten Mörtel. Wird der mechanische Mörtel nach diesem Vorbilde zusammengesezt, nicht mit Kalk übersezt, gehörig durchgearbeitet und nicht mit zuviel Wasser behandelt, so wird er hinsichtlich seiner Bestimmung nichts zu wünschen übrig lassen.« —

Aus dem Meersande müssen, ehe er zum Mörtel angewendet wird, das darin enthaltene Kochsalz und andere Salzarten durch Waschen mit Wasser weggeschafft werden.

Vitruv bezeichnet den Sand als den zur Mörtelbereitung geignetsten, welcher in der Hand zerrieben knirscht und von welchem, auf ein weisses Kleid geworfen, nachdem dieses geschüttelt und abgeklopft worden, nichts von erdigen Theilen hängen bleibt. (Accum, a. a. O. II. S. 142 u. f.)

Über das Mengungs-Verhältniss von Kalk und Sand wird weiter unten bei der Mörtel-Bereitung die Rede seyn

es durch dieses Mittel dahin, einen schlechten Backstein-Cement in einen Cement von ausgezeichneter Güte umzuschaffen. Vor der Anwendung dieses Verfahrens gab der Cement einen Mörtel, der sich im Wasser auflösste und war durchaus nicht zu dieser Art Bauten tauglich, zu deren Gelingen es eines Mörtels bedurfte, der wie die Puzzolane sogleich nach seiner Verwendung im Wasser erhärtete. [104])

Unter den Stoffen, die man dem Kalke zur Mörtelbereitung beimengt, ist der bemerkenswertheste und zugleich in Hinsicht auf seine ausgezeichnete Brauchbarkeit bei Wasserbauten vorzüglichste, die Puzzolane.

Dieser Stoff, ein vulkanisches Erzeugniss, kommt in den Umgebungen brennender oder erloschener Vulkane vor. Der Theil Italiens zwischen Rom und Neapel liefert dessen in Überfluss. Jene Gegend ist es, aus welcher man mit grossen Kosten den beträchtlichsten Theil der in Frankreich zu den Wasserbauten der Kanäle und Seehäfen verwendeten Puzzolane bezieht.

Dieser Stoff hat seinen Namen von Puzzuoli bei Neapel, von woher, nach Vitruv, die Römer, welche denselben häufig anwendeten, den ersten zu ihren Bauten gebrauchten genommen zu haben scheinen.

Die Naturforscher betrachten ziemlich allgemein diesen Stoff als eine Art eisenhaltigen Thones, der durch das Feuer der Vul-

[104]) Cement ist im Allgemeinen jeder Zuschlag, der die Eigenschaft besizt, auf den Kalk, dem er beigemengt wird, chemisch einzuwirken. Unter den verschiedenen Arten Cement hat der sogenannte englische Patent- oder römische Cement (Roman-Cement) ein besondere Berühmtheit erlangt.

Er wird aus einem Kalksteine (in England Cementstein genannt) bereitet, der besonders auf der Insel Scheppy und an den Ufern und im Bette der Themse gefunden wird. (Man vergleiche: Accum a. a. O. II. S. 169 u. f.) Ein diesem Cement gleichkommender wird in Russland bereitet (M. v. Dinglers *Polytech. Journ.* Bd. 12, Hft. 3, S. 375) ferner die beiden, interesanten Aufsätze in des Hrn. Geh. Ob. Baurathes Crelle Journal f. d. Baukunst: *Bemerkungen über die Dauer und Festigkeit des in England erfundenen sogenannten Roman-Cement. Nebst Nachrichten von einigen anderen Cementen.* Von Hrn. Baurath Krahmer, (III. B. 4. Hft. des so eben genannten Journals) dann: *Über den Cement von Poully und andere Cemente.* Bericht des Hrn. Maliet, Ingenieur en Chef des ponts et chaussées, an die Société d'encouragement. (Aus dem Journal du génie civil, Febr. 1830, übersezt im 1. Heft des IV. Bds. von Creles Journal).

kane einem hohem Hizgrade ausgesezt war; er rührt von Stükken poröser und selbst harter Lava her.

Die Analysen verschiedener Arten italienischer und französischer Puzzolane, geben im Allgemeinen auf 100 Theile: Thonerde 40,0, Kieselerde 35,0, Kalk 5,00, Eisen 20,0.

Die Puzzolane kommt in den manchfachsten Abänderungen vor: sie haben verschiedene Farben, man findet weisse, schwarze gelbe, graue, braune, rothe, endlich violette.

Die verschiedenen Farben der Puzzolane rühren von dem Vorhandenseyn des Eisens und von dem Zustande von Oxydation, in welchem es sich befindet, her: ihr spezifisches Gewicht wechselt je nach dem Grade der Kalcinirung und dem Verhältniss ihrer wesentlichen Bestandtheile. Alle Varietäten werden mehr oder minder von dem Magnete angezogen; sie sind gemeinlich staubig; es ist dis ein Gemenge von Staub und gröberen Stücken, die lezteren sind porös.

In Neapel zieht man die in einer Tiefe von einigen Fuss geförderte Puzzolane jener vor, die man vom Boden auf liesst und welche den Einflüssen der Atmosphäre ausgesezt war; man bedient sich der lezteren bei minder wichtigen Bauten.

Die römische Puzzolane ist röthlich-braun; sie ist leichter als die von Neapel und mit glänzenden Stücken gemengt, die ein metallisches Ansehen haben. Diese Puzzolane besizt das Eigenthümliche, allein und ohne Zusaz von Kalk einen guten Mörtel zu geben, der in weniger als 24 Stunden im Wasser erhärtet [105])

[105]) Die Puzzolane (Vulkanischer Tuff; Wacke von Monte Verde; Gebirgsart des Kapitols; Puzzolan-Gestein), ein Trümmer-Gestein, nach v. Buch zu den Trassgesteinarten gehörig, ist eine mehr oder minder scheinbar gleichartige, lockere, weiche, fast zerreibliche Masse, von gelblich- oder schwärzlich-brauner, aschgrauer, röthlicher, bräunlich-, seltener ziegelrother Farbe, ohne Glanz; ihr Bruch ist theils uneben feinkörnig, ins Grossmuschelige und Ebene sich verlaufend, theils erdig.

Als Einmengungen finden sich, bald nur sparsam, bald in grösserer Menge und Manchfaltigkeit: Glimmer, Feldspath, Leüzit, Augit, Rollstücke von Kalkstein, Basalt, Lava, Bimsstein, Leüzit-Brekzie, Peperin, u. s. w. Hin und wieder kommen auch Pflanzen-Abdrücke vor.

Das Gestein, welches in zahllosen Abänderungen auftritt, ist deutlich geschichtet. Fäden, Adern, Gänge von Kalkspath durchziehen dasselbe in manchfachen Richtungen. Manche Abänderungen des Gesteines enthalten häufige, eckige Höhlungen.

An die Stelle der Puzzolane kann man gepulverten Basalt (Man sehe S. 77 u. f.) sezen, wenn man ihn zuvor einem gewissen durch die Erfahrung bestimmten Hizgrade unterworfen hat. In diesem Zustande giebt er mit dem Kalke einen trefflichen Mörtel, der im Wasser schnell erhärtet.

Die Analyse zeigt, dass der Basalt auf 100 Theile enthält: Thonerde 16,75, Kieselerde 44,50, Eisenoxyd 20,00, Kalk 9,50, Manganoxyd 2, 37; Soda 2,37, Wasser 2,00, Verlust 2,28.

Vergleicht man diese Analyse mit jener der Puzzolane, so ist einleuchtend, dass diese beiden Mineralien beinahe von einerlei Art sind, und man auf das gute Resultat zählen dürfe, welches man aus der Mengung dieser gebrannten Basaltart mit Kalk zu erwarten hat. [106])

Die Bildung der Puzzolane, eines ursprünglich vulkanischen Produktes, ist aus der Fortschlemmung durch Wasser und durch Niederschlag hervorgegangen. Sie ist auf Peperin, auf Mergel, Sandstein, über Travertino oder einem mit Conchilien gemengte Sande, seltener auf Lava gelagert; steht im Allgemeinen den tetiären Gebilden an Alter nach und ist von Traventino, von Kalksteingeschieben, Bimssteinstücken, Lehm, Sand u. s. w. überdeckt.

Die meist einzelnen, steil, fast senkrecht abfallenden, mit Felsen von beinahe 60 Fuss Höhe besezten Hügel des Gesteines verbinden sich sämmtlich in der Höhe zu einer gemeinsamen Ebene.

Es ist, wenn gleich in bedeutenden Massen sich findend, doch nur von beschränkter Verbreitung.

Vorkommen: Südwestliche Seite der Appeninen-Kette, in zwei Haupt-Verbreitungen, die eine um Rom, südlich gegen die pontinischen Sümpfe, nördlich gegen Civita Castellana bis Bolsena, die andere um Neapel. — Frankreich: in den die Auvergne und das Vivaresische begreifenden Departementen. An der Ober-Vienne, Ober-Loire, an den Ufern des Rheines bei Andernach.

Sganzin fand die Puzzolane an den südlichen Gehängen der Gebirge von Auvergne, zwischen Chaudes-Aigues und La-Guiolle.

[106]) Über das Vorkommen und über die Anwendung des Basaltes zur Mörtelbereitung in Frankreich bemerkt Sganzin, dass die Basalte sich einerseits in Frankreich nicht häufiger als die Puzzolane vorfinden, und andererseits das Brennen und Pulvern dieser künstlichen Puzzolane sie fast eben so theuer als die natürliche mache, weshalb der lezteren gemeinlich der Vorzug gegeben werde.

Aus Versuchen, welche von den Strassen- und Brückenbau-Ingenieuren zu Cherburg angestellt worden, gehe indessen hervor, dass die aus dem Departement der oberen Loire kommenden Basalte, nach einem heftigen Brande gepulvert, einen Mörtel lieferten, der alle Eigenschaften des mit mancherlei Varietäten der italienischen Puzzolane bereiteten besize.

Auch den gepulverten Bimsstein hat man statt der Puzzolane angewendet: der daraus bereitetete Mörtel hat dieselben Eigenthümlichkeiten; dieser Stoff wird aber nur in den Umgebungen des Vesuv angewendet, wo er häufig vorkömmt. [107])

Der schwedische Ingenieur, Hr. Bagge, hat versucht, in Schweden, wo es keine Puzzolane giebt, einen analogen Stoff an ihre Stelle zu sezen. Er fand in der Nähe von Wenesburg eine Art schwarzen, sehr harten Schiefers, der ihm der Analyse nach zu dem vorgesezten Zweck tauglich schien.

Jener Ingenieur hat diesen Zweck zu wiederholtenmalen einem starken Feuer ausgesezt; er veränderte seine Farbe und verlor seine Härte. In diesem Zustande verwandelte er ihn leicht in Pulver, und nachdem er ihn mit dem Kalke gemengt, erhielt er einen trefflichen Mörtel, der alle Eigenschaften des aus Puzzolane bereiteten besass.

Die Versuche des schwedischen Ingenieurs wurden zu Cherburg vom Strassen - und Brückenbau - Ingenieur, Hr. Gratian, dem Vater, mit mehreren Schiefer-Varietäten wiederholt; und die zu Paris durch eine von dem verstorbenen Guiton de Mourveau präsidirten Comission wiederholt gemachten Versuche haben bewiesen, dass die Puzzolanen durch die Schiefer von der Art der Cherburger mit Vortheil ersezt werden können. Die durch diese Versuche erhaltenen Mörtel sind von guter Qualität; sie erhärten schnell im Wasser; und es findet dabei Ersparniss im Verhältniss zum Preisse der Puzzolane Statt, wenn die Schieferbrüche nicht zu weit entfernt und die Steinkohlen oder das Holz nicht zu selten sind.

Die Analyse des Schiefers von Hainevillebei Cherburg, der die besten Resultate geliefert hat, gab auf hundert Theile: Thonerde 26,0, Kieselerde 46,0, Bittererde 4,0, Eisenoxyd 2,0, Wasser und Verlust 2,0.

Es giebt noch einen vulkanischen Stoff, welcher unter dem Namen Bruchstein von Andernach, oder von Brohl bekannt ist, und den die Holländer, wenn er gepulvert ist, unter dem Namen Trass (man sehe S. 90 u. f.) verkaufen, und mit welchem man einen zu den Wasserbauten vortrefflichen Mörtel bereitet.

[107]) Die Charakteristik des Bimssteines und die Angabe seiner Fundorte in Deutschland sehe man oben, S. 90, nach.

Der verstorbene Faujas de Saint-Fond, der besonders diesen Stoff vor dem pulvern desselben untersucht hat, fand, dass dis eine wahre Puzzolane sey.

Die Holländer haben sich fast völlig den Betrieb der Andernacher Brüche zugeeignet. Aus dem Bruchsteine, den sie mittels ihrer sehr sinnreichen Windmühlen in sehr feines Pulver verwandeln, fertigen sie den Trass, den sie nach dem Norden, nach Frankreich und England versenden, wo dieser Stoff vortheilhaft bekannt ist. Aus dem Brohl, der in grösseren Stücken bricht, hauen sie Mühlsteine die zu verschiedenen Zwecken dienen.

Die Analyse des Trass giebt auf 100 Theile: Thonerde 23,0, Kieselerde 27,0, Kalkkarbonat 6,5, Eisen 8,5.

Der grösste Theil der Gewölbe der gothischen Kirchen Belgiens ist aus Andernacher-Stein konstruirt. Man zog aus diesem Umstande Vortheil, indem man sich mit Ersparniss, mittels der Trümmer der Gewölbe einer zu Brugge abgebrochenen Kirche, den Trass verschaffte, dessen man zur Wiedererbauung der grossen Schleusse von Slikens bedurfte. Der Trass, den man aus diesem Abbruche erhielt, gab einen trefflichen Mörtel, der alle Eigenschaften des holländischen besass.

Man bereitet in Amsterdam einen künstlichen Trass: es ist dis eine aus dem Meergrunde geförderte Thonerde, welche man wie die Backsteine, stark brennt.

Diese Backsteinart wird mittels Stempel die durch Göpel bewegt werden, in ein grobes Pulver verwandelt, man bringt sie dann auf die Mühlen, wo dieser künstliche Trass die nöthige Feinheit erhält, um mit Kalk gemengt in Mörtel verwandelt zu werden.

Bergmann hat diesen künstlichen Tras, welcher den Namen privilligirter holländischer Trass trägt analysirt; er hat gefunden, dass derselbe auf etwa 100 Theile enthält:

Kieselerde 55 bis 60, Thonerde 19 bis 30, Kalk 5 bis 6, Eisen 15 bis 20.

Von der Asche von Tournay.

Die Asche von Tournay ist ein Gemenge von Kalktheilchen mit Steinkohlen Asche, welche dazu gedient hat, eine Art mageren Kalkes zu brennen, den man in der Nähe von Tour-

nay aus einem blauen und sehr harten Steine bereitet. Dieses Gemenge giebt einen Mörtel von ausgezeichneter Beschaffenheit zum Anwurf von Cisternen; dieser Stoff kommt aber zu selten vor, als dass man ihn im Grossen beim Mauerwerk anwenden könnte, man spart ihn zum Puz und zum Verkitten auf.[108])

Die Erfahrung hat gelehrt, dass alle Steinkohlenasche, welche zum Kalkbrennen gedient hat, zur Bereitung eines Mörtels tauglich ist, der im Wasser schnell erhärtet.[109])

Vom Gypse.

Der Stein, den man gewöhnlich zu Gyps brennt, ist fast niemals rein; meist ein Gemenge von schwefel- und von kohlensaurem Kalke.[110])

Die Wirkung des Feuers entzieht dem schwefelsauren Kalke sein Krystallisations-Wasser und dem kohlensaurem Kalke seine Säure, demnach ist der gebrannte Gyps ein Gemenge von leben-

108) Die Asche von Turnay scheint dasselbe Gestein zu seyn, welches oben, S. 90 u. f. unter dem Namen Asche (Mergelerde; sandförmiger Stücksteinkalk, u. s. w.) beschrieben wurde und sich im Mannsfeldischen, Thüringischen und in Kurhessen findet.

109) Über das zum Löschen des Kalkes und zur Mörtelbereitung anzuwendende Wasser sagt Hr. Hofrath Fuchs (in dessen öfter angeführten Abhandlung über Kalk und Mörtel): „In Betreff des Wassers ist noch besonders zu bemerken, dass es frei von Salzen seyn soll, weil es sonst Veranlassung zur Entstehung von salinischem Mauerfrasse giebt. Enthält z. B. das Wasser Kochsalz, was gar oft der Fall ist, so wittert auf den Mauern kohlensaures Natrum aus, wie ich mich schon öfter überzeugt habe. Man soll daher zum Löschen des Kalkes sowohl, als zur Bereitnng des Mörtels nur Regenwasser gebrauchen, was man sich leicht und ohne besondere Unkosten sammeln kann. Man hat auch das Kalkwasser zum Mörtel in Vorschlag gebracht, um die Bildung von kohlensaurem Kalk zu verhindern, welche sonst durch die in jedem Wasser vorhandene Kohlensäure Statt findet. Allein dieses mögte eine übertriebene Sorgfalt seyn, um so mehr, da die Quantität der in den gemeinen Wassern enthaltenen Kohlensäure nie sehr bedeutend ist, und eine geringe Menge kolensauren Kalkes dem Mörtel gar keinen Nachtheil bringt.“ —

110) Die Charakteristik des Gypsgesteines ist oben S. 51 nach zu sehen. Die chemische Analyse desselben zeigt, dass er in 100 Theilen enthält: Säure 46,31 Th., Kalk 32,91 Th., Wasser 20,78 Th. Gebrannt enthält er 41,53 Th. Kalkerde und 58,47 Thl. Wasser.

digem, und von schwefelsaurem Kalke, welcher leztere von Wasser frei ist.

Aus der Zusammensezung dieses Stoffes ersieht man, dass der gute Gyps einen gewissen Grad von Brennen erfordert. Zu starkes oder zu schwaches Brennen macht die Operation verunglücken. Man begreift zugleich, wie der der Luft ausgesezte Gyps allmälig seine Härte verlieren muss und warum er, an feuchten Orten angewendet, abblättert und in Staub zerfällt. [111])

Ungeachtet der dem Gypse anklebenden Mängel, welche dessen Verwendung zu Gebäuden und öffentlichen Monumenten verwerflich machen, ist dieses Material in der Baukunst dennoch sehr nüzlich und seine Anwendung zu gewissen Arbeiten bei Aufführung von Privathäusern sehr vortheilhaft.

Der Gyps hat viele Adhärenz an Quader und Backsteine, aber wenige an Holz; es ist sogar üblich, die Hölzer, welche man mit Gyps bekleiden will, mit kleinen Nägeln zu beschlagen. Auf diese Weise verpuzt man mit diesem Material das Innere und die Aussenseiten der Häuser an allen jenen Theilen, bei welchen Holz in den Stirnflächen angewendet wird.

Das beste Verfahren den Gyps zu brennen besteht darin, demselben zuerst nur einen mässigen Grad von Hize zu geben, damit ihm alle seine Feuchtigkeit und alles das Wasser entzogen werde, welches nicht gebunden ist. Man steigert sodann die Hize, jedoch in einem geringeren Grade als beim Kalkbrennen, und ein vier und zwanzig Stunden lange andauernder Hizgrad ist gemeinlich hinreichend, einen vollkommenen Brand zu erhalten.

Der Gyps ist hinreichend gebrannt, wenn der Arbeiter beim Anrühren fühlt, dass er fettig ist und sich an die Finger hängt. Diese Eigenschaften fehlen ihm, wenn er zu stark oder zu schwach gebrannt ist. [112])

[111]) Der zu stark gebrannte Gyps, der mit Wasser nicht mehr erhärtet, heisst todtgebrannt. Das Todtbrennen des Gypses findet besonders dann leicht Statt, wenn er mit Thon gemengt ist; er muss also von diesem Stoffe, mit welchem er sich bisweilen in der Natur vorfindet, so wie von anderen fremdartigen Beimengungen vor dem Brennen sorgfältig gereinigt werden. Der gebrannte Gyps zieht die Feuchtigkeit aus der Luft begierig an, dis ist der Grund seines Härteverlustes und seines Zerfallens in Staub.

[112]) Der rohe Gyps wird gewöhnlich in den, Backöfen ähnlichen Öfen, oder in solchen, die nach oben offen sind, nicht selten aber auch in mit Holz zusam-

Da der gebrannte Gyps seine Eigenschaften verliert, wenn er eine Zeitlang der Luft ausgesezt ist, so muss man ihn beim Herausnehmen aus dem Ofen verwenden. Durch das Zerkleinern mittels Schlegeln verwandelt man ihn in Pulver; Mühlsteine oder steinerne oder eiserne Cylinder würden hiezu vortheilhafter seyn[113])

In den Ländern, welche keinen Gyps liefern, muss man ihn als Stein vor dem Brennen kommen lassen, und um dieses Material mit gutem Erfolg anzuwenden, muss das Brennen an den Orten der Verwendung und unmittelbar vor dieser geschehen.

Man bedient sich des klaren oder dichten Gypses je nach dem Gebrauche den man davon macht. Zu Verkittungen befeuchtet man ihn nur so viel als nöthig ist, ihn in einen steifen Brei zu verwandeln: dis nennen die Werkleute steifes Anmachen. Zu den Gesimswerken sezt man demselben mehr Wasser zu: man heist dis klar anmachen: Zu den Puzarbeiten wird er noch mehr angefeuchtet.[114])

mengeschlichteten Weilern, und bei geringem Bedarf selbst in eisernen, sonst zum Waschen dienenden Kesseln, oder wohl gar nur auf Eisenblechen gebrannt.

Beim Brennen des Gypses muss man grössere Vorsicht als bei dem des Kalkes anwenden, die Steine nach ihrer Güte genau sondern, und einen gewissen durch die Erfahrung gelehrten Hizgrad nicht überschreiten; glühen darf der Gyps gar nicht.

Die beim Brennen auf der Oberfläche des Gypses entstehenden Staubsäulchen rühren von den sich entwickelnden Dämpfen her, der Gyps wird flüssig, wie man es nennt; man rührt das Pulver nach einiger Zeit um und wenn endlich die Staubsäulchen verschwunden sind, und die Gypskörner am Lichte nicht mehr glänzen, dann ist der Gyps gar gebrannt.

[113]) Der Gyps wird durch Stampfen, Mahlen und Sieben in Pulver verwandelt. Zum Stampfen bedient man sich besonderer Pochwerke, zum Sieben einer eigenen Siebmaschine, um die Gesundheit der Arbeiter, welche durch das feine Gypspulver sehr gefährdet ist, zu schüzen.

[114]) Bei der Anwendung des Gypses als Bindemittel beim Mauerwerk, zum Ausgiessen der Quaderfugen, u. s. w. ist Vorsicht nothwendig. An feuchten Orten kann er gar nicht gebraucht werden, eben so wenig kann er da gebraucht werden, wo der Zutritt der Luft gehindert ist; Beispiele haben gezeigt, dass in Fugen eingeschlossener Gyps nach 30 Jahren noch weich und nass war und dass seine Feuchtigkeit sich selbst dem angrenzenden Mauerwerke mitgetheilt hatte.

Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass zum Anmachen des Gypses bei gewöhnlichen Arbeiten eine seinem Rauminhalte ungefähr gleiche Menge Wassers nöthig ist.

Da der gebrannte Gyps wenig Kalk - Karbonat enthält, so geht daraus hervor, dass der angemachte Gyps nicht äzend ist. Der Arbeiter kann ihn ohne Nachtheil in demselben Kübel behandeln, in welchem er angemacht worden ist, und zur Fertigung der Arbeiten bedient er sich seiner Hände ebenso wie der Kelle.

Man macht den Gyps bisweilen mit Kalkmilch an, auch bedient man sich des Wassers, in welchem man starken Leim aufgelöst hat. Diese Verfahrungsweisen, und namentlich die leztere, verleihen den daraus gefertigten Arbeiten eine grössere Dauer, sie sind sogar einer schöner Politur fähig. In Paris fertigt man auf diese Art den Stucko. [115])

Eine von den Eigenschaften des angemachten Gypses, welche wichtig genug ist, um sie zu kennen, ist die, dass er beim Festwerden sein Volumen bedeutend vermehrt. Diese Eigenschaft des Gypses ist jener der Mörtel entgegen gesezt, welche beim Erhärten an Volumen verlieren. Man muss hierauf Acht haben und die mit diesem Material aufgeführten Bauten von den Umfassungsmauern trennen. Ohne diese Vorsicht würde dieses Zunehmen an Rauminhalt üble Wirkungen und bisweilen selbst den Einsturz der Mauern zur Folge haben. [116])

[115]) Gewöhnlich wird der gebrannte Gyps mit Wasser angemacht, das Regenwasser ist hiezu das geeignetste, das Flusswasser ist dazu minder gut, am untauglichsten ist das Brunnenwasser. Zusaz von Leimwasser verzögert das Erhärten der Masse, wogegen dasselbe durch Beimengung von 2 Loth Salmiak auf 1 Pfund Gyps beschleunigt wird. Die Härte soll durch Essig oder durch in Wein aufgelösten Weinstein vermehrt werden; ein Zusaz von Kalkmörtel trägt hiezu nicht nur nichts bei, sondern ist selbst nachtheilig, weil er ein ungleiches Erhärten zur Folge hat.

Der Gyps wird entweder rein oder, aus Ökonomie, mit etwas Sand gemengt, verwendet. Der Sand muss dann völlig rein und scharf seyn; eisenschüssiger Sand befördert die Bindekraft. Statt des Sandes wird auch todt gebrannter Gyps dem gutgebrannten Gypse beigemengt.

[116]) Nach Manger's Untersuchungen gab ein Kubikfuss Gyps, der roh 145 ℔ 5 Loth, und gebrannt 119 ℔ 8 Loth wog, nachdem er gelöscht war, 2,87 Kubikfuss, welche 262 ℔ 18⅔ Loth wogen.

VII. Vorlesung.

Von den Mörteln und ihrer Bereitung. — Vom Löschen des Kalkes. Bereitung der Gemenge. — Erfahrungen über das spezifische Gewicht und über die Widerstandskraft der Mörtel der Alten und der Neueren. —

Vom Mörtel.

Mit der Benennung künstlicher Mörtel, oder allgemeiner mit dem Namen Mörtel bezeichnet man ein Gemenge von Kalk mit den kieseligen und thonigen Substanzen, die wir bereits untersucht haben.

Dieses Gemenge muss die Eigenschaft besizen, sich an die Steine fest anzuhängen und mit ihnen einen Körper zu bilden.

Hiezu ist nöthig, dass die Quantität eines jeden dieser Stoffe, aus denen das Gemenge bestehen soll, nach dem was Theorie und Erfahrung lehren, bestimmt werde. Die Natur bildet die Steine aus Erden, Metallen und aus Wasser, indem sich dieselben unter einander verbinden; durch Nachahmung dieser Verfahrungsweise gelingt es der Kunst, Mörtel zusammen zu sezen.

Einige Schriftsteller haben behauptet, dass die grosse Härte der römischen Mörtel von der Art den Kalk zu löschen herrühre. Andere maassen dieselbe einem Zusaze lebendigen Kalkes, welcher im Augenblick der Mörtelbereitung dem gelöschten Kalke beigemengt wurde, zu. Jeder hat zur Unterstüzung seiner Mei-

Über die Bereitung und Anwendung des Gypses sehe man u. a. des Hrn. Wolfram *Handbuch für Baumeister*, II. Theil, neue Aufl. (1821) §§. 243 mit 240, dann des Hrn. Accum mehr erwähntes Werk *über Baumaterialien*; I. Bd. S. 337 mit 343, und II. Bd. S. 195 mit 209.

nung Vitruv nach seiner Weise übersezt und erklärt und als Zeugniss die Resultate angeführt, die aus dem von ihm angenommenen Systeme hervorgehen.

Diese verschiedenen Systeme, von denen jedes eines günstigen Augenblickes genoss, hielten die Probe der Zeit nicht aus. Der Loriot'sche Mörtel hat seinen Ruf verloren, und die sehr umständlichen Methoden, den Kalk nach römischer Art durch Eintauchen auf die Weise des Herrn de la Faye zu löschen, werden nur sehr selten angewendet.[117])

[117]) Unter den drei verschiedenen Methoden den Kalk zu löschen, nemlich: 1tens durch allmähliges Übergiessen des Kalkes mit Wasser und Umgestaltung desselben in einem Brei; 2tens durch Eintauchen; 3tens durch Zerfallen an der Luft, hält Hr. Hofrath Fuchs, der Meinung des Hrn. Ingenieur Vicat entgegen, die lezte Methode für die schlechteste. Hr. Fuchs äussert sich hierüber in dessen öfter angeführten Schrift *über Kalk und Mörtel* auf folgende Weise.

„Nach Hrn. Vicat soll der durch Eintauchen gelöschte und besonders der an der Luft zerfallene und längere Zeit der Luft ausgesezte Kalk weit vorzüglicher seyn, als der auf die gewöhnliche Weise gelöschte. Dis scheint mir aber nur zu beweisen, dass man von dem so behandelten Kalk ohne Nachtheil für den Mörtel mehr anwenden kann, als von dem nach der ersten Art gelöschten, ja sogar mehr davon anwenden muss, wenn man ein gleiches Resultat erhalten will. Es möchte dieses auch nicht schwer zu begreifen seyn. Denn in dem an der Luft zerfallenen Kalk ist ein Theil des Kalkes in Kalk-Carbonat oder vielmehr Kalk-Hydro-Carbonat umgewandelt, was nicht mehr als positiver Faktor betrachtet werden kann, sondern die Stelle eines feinen Zuschlags, wovon nachher noch die Rede seyn wird, vertritt. Würde man dem reinen Kalk eben soviel Kalk-Hydro-Carbonat beimengen, als der an der Luft zerfallene schon enthält, und dann von beiden gleiche Quantitäten zur Bereitung des Mörtels nehmen, so würde man ohne Zweifel auch gleiche Resultate erhalten. Eine ähnliche Bewandtniss hat es mit dem durch Eintauchen gelöschten gebrannten Kalk. Darin ist sehr viel compaktes Kalkhydrat, durch die ganze Masse vertheilt, enthalten, was wie feiner Sand zu betrachten ist. Der damit bereitete Mörtel hat einige Ähnlichkeit mit dem Loriot'schen. Zum äussern Bewurf darf man ihn nie anwenden, wenn er auch zu anderen Zwecken dienlich seyn mag."

In Hinsicht der beiden zuerstgenannten Arten des Löschens bemerkt Hr. Hofrath Fuchs folgendes:

„Was den Unterschied zwischen dem nach der ersten und zweiten Art gelöschten Kalk anbelangt, so ist leicht einzusehen, dass er nur in der physischen Beschaffenheit und zwar in der verschiedenen Feinheit (Korn) des Kalkhydrats bestehen könne. Und dass dis wirklich der Fall sey, davon überzeugt man sich leicht, wenn man mit dem gelöschten Kalk eine dünne Kalkmilch macht, und diese in einem Cylinderglase eine kurze Zeit ruhig stehen lässt. Es bil-

Theorie und Erfahrung lassen vermuthen, dass die alten Römer keine eigenthümliche Methode zur Bereitung ihrer Mörtel hatten. Sie wendeten die an, welche noch in unseren Tagen in Rom und in ganz Italien ausgeübt wird. Es ist jezt fast allgemein anerkannt, dass die grosse Härte der römischen Mörtel nicht nur von der Sorgfalt, welche sie auf seine Bereitung verwendeten, und von der guten Auswahl der Substanzen, woraus er zusammen gesezt war, sondern auch von dem Verlaufe der Zeit herrührt, der nöthig ist, um dem der Luft ausgesten Mörtel alle die Festigkeit und Härte zu geben, die er zu erlangen fähig ist.

Im Allgemeinen können die Quantitäten der Materialien, aus denen der Mörtel zusammen gesezt wird, nicht angegeben werden; diese Quantitäten müssen wechselweise je nach der Verschiedenheit ihrer Qualität variiren.

Ein und ein halber Theil fetter Kalk, der zwei und ein halbtheil seines Gewichtes an Wasser absorbirt hat, um einen mittelmässig flüssigen Brei zu bilden, erfordert, um einen guten Mörtel zu

den sich, wie es bei jeder Schlämmung geschieht, Sedimente von verschiedenem Korn, welche sich allmählig in einander verlaufen.«

»Dabei zeigt sich nun ein auffallender Untersebied zwischen dem nach der zweiten Art gelöschten Kalk, indem nämlich dieser einen viel grösseren und viel gröberen Bodensaz giebt als jener, dessen Theile überhaupt viel länger im Wasser schwebend bleiben. Der durch Eintauchen gelöschte Kalk fühlt sich auch gewöhnlich zum Theil wie Sand an; die Theile des andern hingegen sind beinahe nicht fühlbar. Die Ursache hievon liegt ohne Zweifel darin, dass bei der zweiten Löschungsart, so wie überhaupt, wenn zum Löschen des Kalkes zu wenig Wasser angewendet wird, die Temperatur viel höher steigt, als wenn eine grössere Wassermenge vorhanden ist. Dadurch treten die Theile des Kalkhydrats auf vielen Punkten zusammen, oder, wie die Mauerer sich ausdrücken, der Kalk verbrennt. Diesen Kalk halten die Bauleute ebenfalls für schlecht, und ich muss ihnen beipflichten, obwohl Hr. Vicat das Gegentheil behauptet. Denn da die Wirksamkeit des Kalkes, in allen den Fällen, in welchen er beim Bauen in Anwendung kommt, im geraden Verhältnisse mit der Vergrössesung seiner Oberfläche bestehet, so muss er auch um so besser seyn, je feiner er zertheilt ist, und umgekehrt. Daher muss ich auch das Einsümpfen des Kalkes gegen diejenigen. welche meinen, es sey für nichts gut, in Schuz nehmen, weil dadurch der Kalk, indem er in Gruben längere Zeit feucht erhalten wird, noch mehr zertheilt wird, und zulezt die griesslichen Theile, welche er, wenn er auch so gut als möglich gelöscht worden, stets in unzähliger Menge enthält, ganz verschwinden, und sich Alles in eine gleichförmige und höchst feine Masse verwandelt.«

liefern, drei Theile Sand, während man mit derselben Quantität Sand zwei Theile mageren Kalk mengen muss, zu welchem, um in einen Brei von gleicher Konsistenz wie jener verwandelt zu werden, eine, seinem Gewichte gleiche Quantität Wasser ausreicht. Diese beiden Mörtelarten haben, mit einander verglichen, fast gleiche Konsistenz.

Dieses Beispiel, wonach zwei verschiedene Mörtelarten von gleicher Konsistenz mit Quantitäten gelöschten Kalkes erhalten werden, welche für den ersten die Hälfte, für den zweiten zwei Drittheile des verwendeten Sandes betragen, beweisst die geringe Genauigkeit der von den meisten Schriftstellern, die über den Mörtel geschrieben, aufgestellten allgemeinen Vorschrift, nach welcher bestimmt wird, dass, um einen guten Mörtel zu erhalten, ein Theil gelöschter Kalk mit zwei Theilen Sand gemengt werden müsse.

Es ist einleuchtend, dass diese Vorschrift der Qualität des Kalkes und jener der übrigen Substanzen, aus welchen das Gemenge bestehen soll, untergeordnet ist.

Die schicklichen Mengungs-Verhältnisse können nur durch Versuche bestimmt werden, welche man jedesmal vor dem Beginnen grösserer Bauten anstellen muss; diese Verhältnisse ändern sich nicht nur in Beziehung auf die Qualität der Substanzen, aus denen das Gemenge besteht, sondern auch hinsichtlich der Mörtelgattung, die man bereiten will.

Der zum groben Mauerwerk bestimmte Mörtel erfordert einen kiesigen Sand. Findet der Bau im Wasser Statt, so wendet man anstatt des Sandes die thonigen Cemente, die Puzzolane und andere ähnliche Substanzen an und der Kalk muss mager seyn und lebendig verwendet werden. Zu dem Mörtel, der beim Versezen der Hausteine dienen soll, ist ein feiner Sand oder ein gesiebter Cement nöthig. Der zum Ausgiessen oder Verstreichen der bereits versezten Werkstücke anzuwendende Mörtel muss flüssig, durch eine hinreichende Menge Wasser verdünnt seyn. Der Puz-Mörtel endlich erfordert den reinsten Sand und einen bereits längere Zeit abgelöschten Kalk. [118])

[118]) Über das Menge-Verhältniss des Kalkes und der übrigen Substanzen, welche man zur Mörtelbereitung anwendet, äussert sich Hr. Hofrath Fuchs (a. a. O. S. 27 und 28) auf folgende Weise:

Die verschiedenen Arten des Löschens (man vergleiche die Note 117 S. 133) und der Verwendung des Kalkes können gleichfalls Einfluss auf die Qualität des Mörtels haben. Die fetten und klebrigen Kalke werden gemeinlich vor ihrer Verwendung gelöscht. In Metz und an den Orten, welche mageren Kalk liefern, wird er lebendig, so wie er aus dem Ofen kommt, verbraucht; man löscht ihn mitten unter den Substanzen, deren Gemenge den Mörtel geben soll.

Herr de la Faye, Verfasser mehrerer trefflichen Aufsäze über den Mörtel, glaubte das vorgebliche Geheimniss der Mörtel-Bereitung der Römer in einer besonderen Methode des Kalklöschens zu finden.

Diese Methode besteht darin, den Kalk durch Eintauchen mittels eines mit Kalkstücken gefüllten Korbes, den man in das Wasser senkt, zu löschen. Ist das Wasser abgetropft, so wird der Kalk sogleich in ein Fass geschüttet, wo er in ein sehr feines Pulver zerfällt und allmälig seine Wärme verliert. In den zugedeckten Fässern wird er dann bis zu seiner Verwendung aufbewahrt.

„Den Kalk soll man bei Bereitung des Mörtels nie im Übermaasse anwenden, und damit um so sparsamer umgehen, je reiner und feiner er ist. Dis ist eine Hauptregel, welche bei Darstellung jeder Mörtel-Art zu beobachten ist. Dagegen wird am öftesten gefehlt und die meisten Wiedersprüche bei Beurtheilung der relativen Güte des Mörtels sind daher entstanden, dass man hierauf nicht immer gehörig Rücksicht genommen hat.“

Da das Kalkhydrat selbst eine grosse Festigkeit anzunehmen fähig ist, so wäre nach des Hrn. Fuchs Ansicht, es in so ferne schon für sich geeignet, die Bausteine zu verbinden, wenn sie ebene Flächen hatten. „Eine äusserst dünne Lage von Kalkbrei“ — fährt Hr. Fuchs fort — „würde dann schon hinreichend seyn. Allein da die Bausteine sehr grosse Unebenheiten haben, welche ausgeglichen werden müssen, so müsste man zu dicke Lagen von Kalkbrei anbringen, welche beim Austrocknen sehr schwinden und unzählige Klüfte bekommen würden. Dieses zu verhindern und die Consumtion des Kalkes zu vermindern, und zugleich noch manche andere Vortheile, besonders beim Wasserbau, zu bezwecken, wird der Kalk mit anderen Materialien versezt, welche mit ihm ein festes Konglomerat, zum Theil auch ein chemisches Produkt bilden, was sich an die Bausteine fest anlegt und damit ein Ganzes bildet.“

„Das was dem Kalk beigesezt wird, heisst Zuschlag. Man könnte den Kalk den positiven und den Zuschlag den negativen Faktor des Mörtels nennen. Von der Qualität und dem quantitativen Verhältnisse dieser beiden Faktoren hängt hauptsächlich die Beschaffenheit des Mörtels ab.

Rondelet, der viele Versuche über die verschiedenen Arten den Kalk zu löschen und anzuwenden und ebenso über die verschiedenen Mörtel angestellt hat, die durch verschiedenartige Verbindungen jener Substanzen, die man mit dem Kalke zu mengen pflegt, bereitet sind, hat bemerkt, dass der Mörtel, welcher aus mittels Eintauchen gelöschtem Kalk bereitet wird, gar keinen Vortheil vor demjenigen gewährt, welcher mit auf gewöhnliche Weise gelöschtem Kalke gemacht wird. Er bemerkt, dass nur gesuchte Auslegungen einiger Stellen Vitruv's den Glauben veranlasst haben, diese Art des Kalklöschens sey jene der Römer gewesen.

Obgleich es nach Rondelet's Versuchen scheint, diese Methode trage zur Qualität der Mörtel in Beziehung auf ihre Härte nichts bei, so gewährt sie doch grosse Vortheile vor der in Paris gebräuchlichen Art den Kalk zu löschen, indem sie es möglich macht, die nicht vollkommen gelöschten Stücke, es mögen diese nun von der schlechten Beschaffenheit des Steines

Grossen Einfluss hat darauf auch die Bereitungsart. Der Mörtel kann daher sehr verschieden ausfallen, es giebt aber davon doch eigentlich nur zwei Arten, den mechanischen und chemischen Mörtel. Bei jenem verbinden sich der Kalk und Zuschlag durch die Adhäsionskraft, bei diesem durch die chemische Anziehungskraft. Jener wird auch gewöhnlich Luftmörtel, dieser Wassermörtel oder hydraulischer Mörtel genannt. Der Zuschlag des lezteren, welcher von einer solchen Beschaffenheit seyn muss, dass der Kalk chemisch darauf wirken kann, heisst Cement oder chemischer Zuschlag. Beide Mörtelarten werden in der Praxis sehr oft mit Vortheil vereinigt, indem man dem mechanischen Mörtel einen chemischen und dem chemischen einen mechanischen Zuschlag beigiebt. Dieses Gemenge kann man Doppelmörtel nennen. Einen solchen Mörtel erhält man auch dann, wenn man mechanischen Zuschlag und mageren Kalk zusammenbringt, weil dieser schon chemischen Zuschlag, nemlich Thon in sich hat. Der Luft- und Wassermörtel sind daher oft Doppelmörtel.«

»Den kohlensauren Kalk, welcher oft im Äzkalk vorhanden ist, darf man nicht zum positiven und die Bittererde nicht zum negativen Faktor des Mörtels rechnen. Das Eisen- und das Manganoxyd möchten wohl in den meisten Fällen als indifferent zu betrachten seyn.«

Über den Einfluss den die eben genannten drei Stoffe auf den Mörtel ausüben, sehe man was hierüber in der Schrift des Hrn. Fuchs S. 14, 25, 26 und 30 gesagt ist. Derselbe hält dafür, dass diejenigen in einem grossen Irrthum befangen seyen, welche glauben, dass die Bittererde gewissermaassen die Stelle des Thons und ähnlicher Körper vertreten könne; und dasselbe auch von vielen andern Salzbasen, namentlich dem Eisen- und Manganoxyd gelte.

oder von mangelhaftem oder übermässigem Brennen herrühren, zu verwerfen: auch Rondelet giebt dieser Methode den Vorzug, um aber der Umständlichkeit des Verfahrens im Grossen auszuweichen, schüttet er den Kalk nach dem Eintauchen nicht in die Fässer, um ihn als Staub aufzubewahren, sondern räth, ihn unmittelbar in die Grube zu bringen und ihn daselbst sogleich durch Verwandlung in Brei oder flüssigen Kalk vollends zu löschen.

Der Vorzug dieser Methode des Löschens durch Eintauchen ist neuerdigs durch Herrn Fleuret, ehemaligen Professor der Architektur an der königl. Militärschule zu Paris, Verfasser einer im Jahre 1807 gedrukten, trefflichen Abhandlung über die Kunst Steine zu fertigen, bestättigt worden; dieser Autor fügt aber dem Verfahren des Hr. de la Faye, die unerlässliche Vorsichts-Maassregel bei, den Mörtel unmittelbar nach dem Eintauchen des Kalkes zu bereiten und überdis durch Bedecken des lezteren mit Sand oder mit jenen Materalien, die zur Mörtelbereitung gebraucht werden, das Entweichen der Dämpfe zu verbindern, welche mit Heftigkeit aufsteigen. Hr. Fleuret glaubt, dass dieser Dampf zur Wiedererzeugung des Kalkes geeignete Grundstoffe enthalte und derselbe folglich zur Vermehrung der Härte des Mörtels beitrage.

Welche Methode man aber auch zum Löschen des Kalkes anwenden mag, welche Art von Mörtel man auch durch die Mengung verschiedener Substanzen mit lebendigem oder mit gelöschtem Kalke zu bereiten gedenkt, immer hängt die Güte des Mörtels wesentlich von der innigen Mengung der Substanzen ab, aus denen er besteht: es ist nothwendig, dass diese Mengung mit dem Kalke zu einem Brei ohne Zusaz oder nur mit so viel Wasser geschehe, als zum Löschen des Kalkes nöthig ist, wenn man lebendigen Kalk anwendet. Jedenfalls muss die Mengung nicht wie in Paris durch eine Schaufel oder einen Stock, sondern durch eine breite eiserne Krücke geschehen, wie dis an anderen Orten geschieht. Man muss dis Gemenge lang und stark umrühren und es nicht eher als vollständig betrachten, als bis man keine der Substanzen mehr zu unterscheiden vermag.

Man darf ausserdem, wie es auch Hr. Fleuret anräth, bei Anwendung des nach seiner Methode gelöschten Kalkes den Mörtel nur nach Maassgabe seines Verbrauches anmachen, weil

er schnell erhärtet und 10 bis 12 Stunden nach seiner Bereitung nicht mehr mit der Kelle behandelt werden kann, ohne dass man ihn anfeuchtet, was aber auf seine Qualität einen nachtheiligen Einfluss äussert.

Rondelet hat im Jahre 1783 mit Kalk von Marly verschiedene Versuche angestellt, um die Auswahl und die Mengen der Materialien, welche zur Bereitung eines guten Mörtels mit diesem Kalke am geeignetsten sind, kennen zu lernen. Er sezte Prismen oder Ziegeln, welche aus diesen verschiedenen Mörteln gefertigt und achzehn Monate alt waren, dem Drucke der zum Zerbrechen der Steine bestimmten Maschine aus; die Resultate dieser Versuche sind in dem Werke dieses Autors: die Kunst zu Bauen, I. Thl. S. 306 u. f., aufgezeichnet: ich werde die vorzüglichsten Resultate aus demselben zur Unterstüzung der Folgerungen, die ich daraus ziehen werde, ausheben. [110])

Aus diesen Hauptversuchen kann man schliessen;

1tens, dass die Zusammenpressung, d. h. das Schlagen des Mörtels, um ihn zusammenzupressen, seine Dichtheit und seine Widerstandskraft beträchtlich vermehrt;

2tens, dass weder der Flusssand, noch die aus zerstossenen Sandsteinen bereitete Kieselerde es sind, die troz des zu ihren Gunsten herrschenden Vorurtheils, den besten Mörtel geben;

3tens, dass der Cement-Mörtel dem Drucke besser widersteht, als der Puzzolane-Mörtel und dass unter den lezteren der Mörtel aus römischer Puzzolane besser als der aus neapolitanischer bereitete ist;

4tens, dass die nach dem Loriot'schen Verfahren bereiteten Mörtel den geringsten Widerstand leisten;

5tens, dass die alten Mörtel Italiens und Frankreichs eine fast gleiche Widerstandskraft unter sich haben, jedoch eine beiweiten grössere, als die erst achtzehn Monate alten Mörtel;

6tens, dass der aus dem Abbruche der Bastille genommene Mörtel gleichfalls an sich eine grosse, obgleich niedere Widerstandskraft als die römischen Mörtel erlangt hat;

7tens endlich, dass der mit Kalkmilch angemachte Gyps-Mörtel in achtzehn Monaten eine grössere Härte als der gemeine Kalk-Mörtel erreicht.

[110]) Die hieher gehörige Tafel ist am Ende unter No. VIII beigefügt.

Die Vermehrung der Härte, welche die Mörtel der Alten durch die Zeit erlangten, erregte die Aufmerksamkeit Rondelet's; er bemühte sich, diese Vermehrung zu bestimmen, indem er die nemlichen Mörtel, welche er sechzehn Jahre zuvor geprüft hatte, neuen Versuchen unterwarf.

Im Nachstehenden sind die wesentlichsten Resultate der mit Parallepipeden von vier Zoll Oberfläche angestellten neuen Versuche enthalten.

Nummer der alten Versuche.	Bezeichnung der Mörtel.	Ausgehaltener Druck im Momente des Brechens.	
		im Oktober 1787.	im August 1802.
		℔	℔.
2	Mörtel von Flusssand gepresst	2552	2864
6	Cementmörtel, ebenso	3970	4948
7	dergleichen, mit Sand	2645	2948
15	Mörtel von römischer Puzzolane, gepresst, .	2728	3112
18	Mörtel von neapolitanischer Puzzolane, ebenso.	2360	3100

Diese Versuche beweisen offenbar die Vermehrung der Härte durch die Zeit, da sechzehn Jahre hingereicht haben, die Widerstandskraft des gemeinen Mörtels um $\frac{1}{8}$, die des mit Sand gemengten Cement-Mörtels um $\frac{1}{9}$, jene des aus römischer Puzzolane bereiteten Mörtels um $\frac{1}{7}$, endlich die des neapolitanischen beinahe um $\frac{1}{3}$ zu vermehren.

Diese verschiedenen Versuche drücken genau den Widerstand der Mörtel gegen eine drückende Kraft aus; allein es war für die Baukunst wichtig, die Kraft zu kennen, mit welcher der Mörtel an den Steinen oder Ziegeln, welche sie verbinden adhäriren

Rondelet hat gleichfalls Versuche zur Bestimmung dieser Adhäsionskraft angestellt; er fand, dass Steine und Ziegel, die seit sechs Monaten mit einem und demselben Mörtel verbunden waren, zur Trennung derselben erforderten: [120])

Diese Versuche über die Adhäsion der mit gewöhnlichem Mörtel und mit Gyps verbundenen Werkstücke und Ziegel zei-

[120]) Die hieher gehörige Tafel ist unter No. IX am Ende angefügt.

gen im Allgemeinen, dass die Adhäsionskraft um so stärker sey, je weniger hart die Steine sind; der Mühlstein macht indessen hievon eine Ausnahme; es rührt dis ohne Zweifel von den leeren Räumen her, welche diese Steinart hat und wodurch der Mörtel gleichsam veranlasst wird, sich in die Steine einzuhäckeln. Was die Adhäsion bei den Ziegeln, als der stärksten von allen, betrifft, so gründet sie sich auf die grosse, bereits bekannte Affinität des Kalkes und der eisenhaltigen Thonerde.

Aus den Versuchen über die Adhäsion der mit Gyps verbundenen Steine, welche ungefähr um ein Drittheil stärker ist, als wenn die Verbindung durch Mörtel geschieht, könnte man schliessen, dass der Gyps den Vorzug vor dem Kalke beim Mauerwerke verdiene, allein es ist wohl zu bemerken, dass die Adhäsionskraft des Mörtels mit der Zeit gewinnt, während dem die des Gypses, wie die Erfahrung gleichfalls zeigt, abnimmt, besonders wenn er der Feuchtigkeit ausgesezst ist.

Diese Versuche beweisen ferner, dass die Adhäsionskraft der mit Mörtel verbundenen Steine auch von der mehreren oder geringeren künstlichen Glätte der Oberfläche der Hausteine abhängt.

Man muss auch noch diese Adhäsionskraft der Mörtel, wenn damit Quader oder Backsteine verbunden werden, von jener unterscheiden, welche unter den Bestandtheilen des Mörtels Statt findet.

Wenn es auch unmöglich seyn mag, diese erstere Kraft genau zu bestimmen, da sie von der grösseren oder geringeren Glätte der Oberflächen und von mehreren oder minderen Affinität abhängt, welche die durch den Mörtel verbundenen Körper haben können, so kann man sie indessen doch ausmitteln, indem man als den mittleren Werth der Adhäsion eine aus vielen Versuchen abgeleitete Grösse annimmt. Man findet, dass sie 105 ℔ auf 4 Zoll Oberfläche oder 3780 ℔ auf den Quadratfuss beträgt.

Was die Adhäsionskraft der Bestandtheile des Mörtels anbelangt, so hat Rondelet gleichfalls gesucht sie aus verschiedenen Versuchen mit Parallelepipeden, die seit 16 Jahren aus Mörtel gefertigt waren, kennen zu lernen, indem er sie einer Zugkraft nach der Richtuug ihrer Länge aussezte.

Das Verhältniss der Kraft, welche nöthig war, diese Adhäsionskraft bei dem Mörtel Nro. 1 der vorstehenden Versuche zu überwinden, verhielt sich zur Druckkraft, welche dasselbe Paral-

lelepipedum zerbrach, wie 53 zu 676, das heisst, jene betrug ohngefähr den 13ten Theil der lezteren.

Bei dem Mörtel Nr. 6 ist das Verhältniss zwischen diesen beiden Kräften wie 1 zu $7\frac{1}{2}$; bei den Puzzolan-Mörteln wie 1 zu 8; fast dasselbe fand bei den alten Mörteln Statt.

Nach Verlauf eines beträchtlichen Zeitraumes, wenn die Mörtel endlich ihre ganze Härte erlangt haben, ist die Adhäsionskraft, welche die Steine mit den Mörteln vereinigt, viel grösser, als jene der Bestandtheile dieser Mörtel. Diese Wirkung wurde unwiderlegbar durch den Bruch der Mörtel dargethan, indem diese immer in der Mitte der Dicken oder Leeren Statt fand, während man die Steine, aus denen die Trümmer von altem, diesen Proben unterworfenem Mauerwerke bestanden, nicht trennen konnte.[121])

[121]) Es dürfte wohl nicht ungeeignet seyn, das Urtheil über den Werth ähnlicher Tabellen wie die vorstehenden sind anzuführen, mit welchem Hr. Hofrath Fuchs seine Schrift *über Kalk und Mörtel* schliesst, welche Schrift, so wenige Bogen sie auch füllt, so reich an interessanten Resultaten und Bemerkungen ist, und von Jedem, der an dem Gegenstande Interesse nimmt, studirt werden sollte. Hr. Hofrath Fuchs sagt:

„Was man bei meiner Arbeit vielleicht vermissen wird, ist, dass ich nicht genau die Konsistenz meiner Mörtelproben und Produkte aus Kalk und Silikaten bestimmt habe, wie Vicat und Andere thaten. Ich halte dieses keineswegs für unwichtig, glaube aber doch, dass wir uns vor der Hand, wenigstens zum praktischen Zweck, mit denjenigen Mitteln begnügen können, womit man die Härte der Mineralien bestimmt. Mit Mörtel, welcher dem Druck des Fingernagels widersteht, und sich nur mit dem Messer schaben lässt, kann man zu allen Bauwerken zufrieden seyn. Es besizen ja gar oft die Bausteine, besonders unsere Ziegelsteine, die noch immer den Mörtel an Festigkeit übertreffen dürften, nicht einmal diesen Grad der Konsistenz. — Sollten die Versuche über die relative Konsistenz der Mörtelsorten einen theoretischen Werth haben, sollten sie vergleichbare Resultate liefern, sollten wir dadurch zu einem Maassstab für die Wirksamkeit der Materialien gelangen, so müssen dabei viele Cautelen beobachtet werden, die bisher nicht immer beobachtet worden sind; insbesondere dürfte bei dem Wassermörtel nie die chemische Konstitution der Körper ausser Acht gelassen werden. — Eben dieselben Ingredienzien geben in eben denselben Verhältnissen zusammengebracht, sehr verschiedene Resultate, wenn ihre physische Beschaffenheit nicht ganz gleich ist, und wenn sie nicht mit gleicher Sorgfalt gemengt werden, was bei diesen Versuchen Alles wohl erwogen werden muss. Selbst die Temperatur ist darauf nicht ohne Einfluss. — Da dieses bei allen bisher über die Konsistenz der Mörtelsorten verfertigten Tabellen nicht gehörig berücksichtigt wurden, so kann man ihnen auch im Allgemeinen nicht den Werth, auf welchen sie Anspruch ma-

Bei Mauerblöcken, deren Steine mit Gyps verbunden sind, findet die entgengesezte Wirkung Statt, das heisst, die Adhäsionskraft, welche die Theilchen des Gypses miteinander verbindet, ist jederzeit weit beträchtlicher, als jene, welche den Gyps an die Steine befestigt.[122])

chen, beilegen, und es ist zu wünschen, dass man mit diesen Versuchen wieder von vorn anfangen möchte.«

Unter den Versuchen, welche in neuerer Zeit über die Konsistenz der Mörtel, über ihre Verbindung mit Steinen verschiedener Art gemacht worden, müssen, was Menge, Manchfaltigkeit, angewendete Sorgfalt und Kosten betrifft, die Versuche zu den bedeutendsten gezählt werden, welche von der k. b. Festungs-Bau-Direktion zu Ingolstadt, unter der speziellen Leitung des Hrn. Ingenieur-Hauptmanns v. Seidel angestellt wurden. Es bleibt nur der Wunsch übrig, dass die seit Jahren gesammelten, zahlreichen Resultate zum allgemeinen Nuzen, veröffentlich werden möchten.

[122]) Die Gränzen, in welche der Zweck des vorliegenden Werkes dieses einschliesst, gestatten nicht, den so eben besprochenen, wichtigen Gegenstand in seiner ganzen Reichhaltigkeit erschöpfend darzustellen, wesshalb man sich darauf beschränkt, unter Hinweisung über die Schriften, welche vom Kalke und von der Mörtelbereitung ausführlich handeln, und von denen die wichtigsten bereits angeführt worden sind, hier das Wesentlichste von dem mitzutheilen, was über die Bereitung des Luft- und Wassermörtels in des Hrn. Hofrath Fuchs mehrerwähnter Schrift enthalten ist.

Der Luftmörtel oder gemeine Mörtel, zur Verbindung der Steine solcher Bauwerke bestimmt, die auf trockenem Boden aufgeführt und blos der Luft aber nicht der Einwirkung des Wassers ausgesezt sind, erfüllt, gut bereitet, seinen Zweck vollkommen. Man wendet zu seiner Bereitung den auf gewöhnliche Weise gelöschten, fein zertheilten Kalk an. Das Menge-Verhältniss des lezteren ist einerseits von der physischen Beschaffenheit des Zuschlages und andererseits von der mehreren oder geringeren Magerkeit des Kalkes bedingt. Im Allgemeinen dürfte ein Theil Kalk auf 6 Theile Zuschlag (dem Gewichte nach) ausreichen. Die Theile des Zuschlages werden von dem Kalke um so stärker gebunden, je weniger sie durch ihn von einander entfernt gehalten werden.

Von dem gewöhnlichen Zuschlage zum gemeinen oder Luftmörtel, von dem Sande, ist bereits oben Seite 93 und Seite 116 bis 120 die Rede gewesen, es übrigt hier also nur noch einiges über die Mittel zu sagen, diesen Mörtel zu verbessern. Man wähnte diesen Zweck dadurch am besten zu erreichen, wenn man poröse, das Wasser stark einsaugende Körper unter den Mörtel mengte, vermuthlich weil man hoffte, den lezteren dadurch schneller konsistent zu machen. Noch mehr, man ging so weit, grob gepulverte Holzkohlen unter den Mörtel zu mengen, um dadurch zugleich das Bauwerk recht trocken zu machen, bedachte aber nicht, dass die Kohle als ein weicher Körper, an dem der Mörtel nur schwach adhärirt, als eine lockere und schwammige Substanz,

Vom Béton.

Unter den verschiedenen Arten Mörtel giebt es einen, welcher viele Vortheile gewährt, dis ist derjenige, welcher **Béton** heisst.

ein beständiger Träger der Feuchtigkeit sey. Auch die Knochenerde ist nicht geeignet den beabsichtigten Zweck zu erfüllen.

Zu Mauerwerk im Trocknen reicht, wie bereits bemerkt worden, ein gut bereiteter mechanischer Mörtel aus; seine Konsistenz gewinnt beträchtlich durch den Druck der über einander liegenden Steinschichten. Da aber, wo dieser Druck fehlt, oder an feuchten Orten, an Wetterseiten u. dgl. ist die Anwendung eines besseren Mörtels nothwendig.

Eine Verbesserung des gewöhnlichen Mörtels ist auf zweierlei Art möglich, nemlich durch Beimengung eines feinen mechanischen oder eines chemischen Zuschlages. Der feine oder pulverförmige Zuschlag, — der stets von einem, dem Marmor an Härte wenigstens gleich kommenden Stoffe herrühren muss, und bei dessen Verwendung, um das Absondern der gröberen Theile zu verhindern, nicht zu viel Wasser zugegossen werden darf, — vermehrt die Hauptmasse des Mörtels, vergrössert seine Flächenanziehung und erhöht dadurch seine Konsistenz.

Durch Zusaz eines chemischen Zuschlages (Cement) oder thonhaltigen Kalkes wird der Luftmörtel in einen Doppelmörtel verwandelt, und sonach um ein Beträchtliches mehr verbessert; er verhindert das Aufsteigen der Feuchtigkeit, somit auch den Mauerfrass in den Mauern und macht die Anwendung von Bleiplatten entbehrlich.

Sobald die Feuchtigkeit aus dem Mörtel entwichen, die Luft in denselben eingedrungen und somit die zur Geschmeidigkeit erforderliche Thätigkeit verloren ist, hören die Theile auf, sey es auf chemische oder sey es auf blos mechanische Weise auf einander zu wirken; ein zu schnelles Austrocknen ist desshalb jedem Mörtel, besonders aber dem Doppelmörtel, sehr nachtheilig, seine Masse wird locker und leicht zerreiblich.

Frost, besonders wenn er schnell und in hohem Grade eintritt, kann wohl nur dem noch sehr nassen Mörtel schädlich seyn; hat dieser bereits angezogen, so tritt das Wasser ohne Nachtheil für den Mörtel, der nur sich noch mehr zusammen zieht, auf dessen Oberfläche; auf den ganz ausgetrockneten Mörtel wirken Nässe und Frost ebenso wie auf anderes ihm ähnliches Gestein.

Das an die Theile des Zuschlages durch die Adhäsion angedrückte und an denselben erhärtende Kalkhydrat bewirkt, indem sich dabei zugleich stets mehr oder weniger Kalkhydrokarbonat bildet, den Zusammenhalt des mechanischen Mörtels. Ein später, unter gewissen Umständen, immer aber nur äusserst langsam stattfindendes Entweichen des Wassers und Austausch desselben gegen Kohlensäure kann keine Veränderung im physischen Zustande des Mörtels bewirken. —

Bevor nun von dem Wassermörtel oder wie man ihn auch nennt, von dem hydraulischen Mörtel die Rede seyn wird, mag noch einiges über die Kieselerde

Dieser Mörtel besteht gewöhnlich aus magerem Kalke, aus Sand und aus Puzzolane oder Cement, dann aus Steinabfällen, die je nachdem man das Gemenge bereitet hinzugethan werden.

Der Béton wird zur Herstellung von Fundamentmauern bei Wasserbauten am Meere oder in Flüssen angewendet: man giesst ihn in das Wasser, entweder unmittelbar oder mittels Kästen, welche diesem Zwecke gemäss eingerichtet sind und das Verdünnen des Mörtels hindern, wenn er die Flüssigkeit durchdringt, um bis auf den zur Aufnahme des Fundamentes bestimmten Boden zu gelangen.

und ihr Verhalten zum Kalke und zu anderen Körpern hier eine Stelle finden, um das auf Seite 15 und 16, dann Seite 19 und 20 Gesagte zu ergänzen.

Bekanntlich wird die Kieselerde, weil sie, indem dieselbe mit den Salzbasen Verbindungen eingeht, sich wie eine Säure verhält, gegenwärtig Kieselsäure (Silicium-Säure) genannt, so wie alle ihre Verbindungen Silikate genannt werden.

Die geringe Attraktivkraft der Kieselerde, — welch' lezterer Verwandtschaft zu den Salzbasen so schwach ist, dass dieselbe den schwächsten Säuren, sogar der Kohlensäure, auf nassem Wege weichen muss, — wird durch ihre Kohärenz reichlich und in dem Grade ersezt, dass die Kieselerde in manchen ihrer Verbindungen, z. B. im Feldspath, im gemeinen Glase, Porzellain u. s. w. den stärksten Säuren Widerstand leistet; solche Silikate aber, in denen die Kohärenz der Kieselerde einen gewissen Grad nicht übersteigt, sind geradezu durch Säuern zersezbar. In denjenigen unter diesen Silikaten, welche in Säuren (Salz- oder Salpetersäure) sich ganz auflösen, geht die Kieselerde, jedoch nur auf kurze Zeit, in die Auflösung mit über, scheidet sich jedoch, besonders wenn die Auflösung nicht sehr verdünnt ist, als eine gallertartige, die ganze übrige Flüssigkeit in sich schliessende Masse aus, und wird dann Kieselgallerte genannt. Bei denjenigen Silikaten, die von Säuren gar nicht oder nur schwach angreifbar sind, muss die Kohärenz der Kieselerde durch Glühen oder Schmelzen der zuvor pulverisirten Silikate mit Alkalien oder alkalischen Erden, vermindert, dass heisst, sie muss anfgeschlossen werden. Die Produkte, welche aus der Verbindung dieser Körper mit der Kieselerde hervorgehen, lösen sich in den Säuren gewöhnlich ganz auf und bilden eine Gallerte.

Der Kalk, von dessen Verhalten zur Kieselerde und zu den Silikaten auf nassem Wege nun die Rede seyn wird, geht mit jener und mit vielen Silikaten, selbst mit solchen, die schon eine beträchtliche Menge Kalk enthalten, Verbindung ein und schliesst sie gewissermaassen auf.

Die Mineralien, welche man anwendet, müssen fein pulverisirt und mit dem (gelöschten oder auch ungelöschten) Kalke gut gemengt, mit Wasser gehörig angemacht, und bevor sie in das Wasser zur Probe gebracht werden zwischen Löschpapier etwas zusammengedrückt werden, damit sie im Wasser die ihnen gegebene Form behalten dürfen, die Gemenge nicht zu dünn ge-

Obgleich man für die Zusammensezung des Béton keine allgemeinen Regeln geben kann, und obgleich die Beschaffenheit der verschiedenen Substanzen auf die Qualitäten derselben, aus denen das Gemenge bestehen soll, Einfluss haben, so werde ich dennoch die Zusammensezung eines Béton angeben, der unter mehreren Umständen mit gutem Erfolg angewendet worden ist. Er besteht, auf 40 Theile, aus 12 Theilen italienischer Puzzolane, 6 Th. groben Sand, 10 Th. mageren, lebendigen Kalk und 12 Th. Gerölle oder Steinabfälle.

Der Beton wird bereitet, indem man die Puzzolane sogleich mit dem lebendigen Kalke mengt, den man auf die von Hrn. Fleuret angegebene Weise löscht, das heisst, indem man ihn

macht und nicht mit zu viel Kalk versezt werden. Je länger sie im Wasser liegen, desto mehr nimmt ihre Konsistenz zu; dis ist oft schon nach wenigen Tagen, zuweilen sogar nach Verlauf von 24 Stunden bemerkbar, während das Gelatiniren mit Säuren in der Regel erst nach mehreren Wochen, selbst in einigen Fällen erst nach Monaten sich zeigt.

Auf eine mit Basen schon zu sehr gesättigte, oder auf eine zu kohärente Kieselerde wirkt der Kalk nur schwach ein, ebenso auf Silikate, die von Säuren unangreifbar sind.

Es würde zu weit führen, die Versuche, welche Hr. Hofrath Fuchs mit verschiedenen Körpern angestellt hat, hier aufzuzählen, wir verweisen auf dessen mehr erwähnte Schrift (S. 19 bis 25) und beschränken uns darauf, das noch anzuführen, was Hr. Fuchs über den, unter den angeführten Umständen Statt findenden Prozess zwischen Kalk und Kieselerde und zwischen Kalk und Silikaten vorträgt. Er sagt: »das Auffallende (bei diesem Prozesse) ist, dass sich keiner von den aufeinander wirkenden Körpern im flüssigen Zustande befindet, was gegen den, schon in älteren Zeiten aufgestellten allgemeinen chemischen Saz: *Corpora non agunt nisi fluida*, streitet. Allein es sind davon schon mehrere Ausnahmen bekannt, wozu namentlich die Cämentation gehört. Damit hat auch der Prozess, von welchem hier die Rede ist, die grösste Ähnlichkeit, und er könnte daher vielleicht schicklich nasse Cämentation oder Cämentation auf nassem Wege (*Cementatio humida*) genannt werden. Was bei der trockenen Cämentation durch das Feuer bewirkt wird, das bewirkt bei der nassen das Wasser, indem es die Theile der Körper in einem gewissen Grade geschmeidig macht, wodurch einigermaassen der Zustand der Flüssigkeit ersezt wird. Es ist vorauszusehen, dass mehrere andere Körper (Salzbasen), z. B. Bittererde, Eisen- und Manganoxyd etc. sich auf ähnliche Weise wie der Kalk zur Kieselerde und zu den Silikaten verhalten werden; und es ist zu vermuthen, dass sich noch viele andere Körper mit gutem Erfolge der nassen Cämentation werden unterwerfen lassen. Viele Veränderungen, welche mit den Mineralien auf und unter der Erde, besonders auf Gängen und Lagern, wo die Natur stets in stiller und unmerklich

in eine Art Bassin bringt, das aus der Puzzolane selbst gebildet ist, die den Kalk so umgiebt und bedeckt; man mengt sodann Sand darunter und bringt, wenn der Mörtel fertig ist, ohne Zusaz von Wasser, die Steinabfälle hinzu; das Wasser, welches dazu gedient hat, den Kalk in Brei zu verwandeln, soll hinreichen. Die Mengung muss mittels der Krücke und eiserner Schaufeln vorgenommen werden.

fortschreitender Thätigkeit begriffen ist, mögen durch diesen Prozess erfolgen.« —

Der hydraulische oder Wassermörtel unterscheidet sich vom gewöhnlichen, mechanischen oder Luftmörtel dadurch, dass er unter Wasser gu-anzieht, darin nach und nach steinhart und für dasselbe undurchdringlich wird. Seine vorzüglichste Anwendung findet er daher bei Bauten im Wasser, da wo es sich davon handelt, dieses am Versickern oder an dem Eindringen zu verhindern; mit gleichem Vortheil dient er aber auch zum Mauerwerke über der Erde und eignet sich besonders zum Abpuz der dem Wetter ausgesezten Mauern; endlich wird er auch zum Ziehen von Gesimsen u. dgl. benüzt. Er kommt der Hauptsache nach mit den im Wasser erhärtenden Produkten überein, welche der Kalk mit Kieselerde und verschiedenen Silikaten bildet, und die nichts anderes, als reiner hydraulischer oder chemischer Mörtel sind. Kalk als positiver und Kieselerde als negativer Faktor, wirken, als Hauptfaktoren des Wassermörtels, mittels des, ihnen einen gewissen Grad von Geschmeidigkeit verleihenden, Wassers chemisch auf einander. Da aber die zu starke Kohärenz der Kieselerde in ihrem natürlichen Zustande (im Quarze), keine merkliche Einwirkung des Kalkes auf dieselbe auf nassem Wege gestattet, so kann sie zum hydraulischen Mörtel nie unmittelbar angewendet werden, sondern es müssen ihre Stelle solche Silikate (Cämente oder chemische Zuschläge) vertreten, die in der Natur häufig vorkommen und auf die der Kalk geradezu, oder nach vorhergegangenem Brennen derselben, für sich oder mit Kalk, einzuwirken vermag.

Auf die Qualität des Wassermörtels haben die physische Beschaffenheit des Kalkes und Zuschlages, die Breitungsart, die dabei in Anwendung kommende Wassermenge und vorzüglich das quantitative Verhältniss der beiden Hauptfaktoren grossen Einfluss.

Man prüft ein Cäment hinsichtlich seiner Güte und des Kalkbedarfs, indem man es fein zerreibt, in mehrere Portionen theilt, jede derselben mit einer verschiedenen Quantität Kalk gut mengt und unter Zusaz von Wasser in einen steifen Teig verwandelt. In irgend eine beliebige Form gebracht, wird dieser Teig sogleich in Wasser gelegt, in welchem er dann täglich an Konsistenz zunimmt. Zerfällt er, so rührt dis oft daher, dass das Pulver des Cements zu grob, oder dazu zu viel oder nicht völlig gelöschter Kalk beigemengt war. Oft ziehen Proben, welche anfänglich zerfallen, später wieder an und erreichen bisweilen eine beträchtliche Festigkeit; bei Versuchen, welche mit langsam anziehenden Körpern gemacht werden, drückt man daher die Proben am besten in ein Glas ein und giesst Wasser darüber.

Man lässt den Béton 8 bis 10 Stunden ruhen, dann mengt man ihn vor seiner Anwendung zur Fundirungen aufs neue.

Bei dem Béton, welcher zu Schichten im Innern des oberen Mauerwerkes bestimmt ist, wo er zusammen gepresst werden muss, um dessen Dichtigkeit zu vermehren und dieses Gemäuer gegen das Wasser undurchdringbar zu machen, vermindert man

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass der Mörtel um so schneller anzieht, je feiner der Kalk und Zuschlag zertheilt, je inniger und mit je weniger Wasser sie gemengt sind. Durch zu viel beigemengten Kalk zerfällt der Mörtel im Wasser, ersterer ist also auch hier wie beim Luftmörtel nur sparsam anzuwenden.

Um Kosten zu sparen und die Masse zu vergrössern, sezt man gewöhnlich dem Wassermörtel mechanische Zuschläge, feinen oder groben Sand, Steinstücke u. dgl. bei; es kann dann auch mehr Kalk zugesezt werden und man erhält einen Doppelmörtel.

Kalk (fetter) und verschiedene, in Massen vorkommende Silikate geben einen sehr guten Wassermörtel. Unter den Silikaten ist der Thon eines der vorzüglicheren, er giebt, gelinde gebrannt ein mehr oder minder gutes Cäment. Er ist um so besser, je feuerfester und je mehr frei von Eisenoxyd er ist; ein geringer Gehalt an Eisen ist nicht nachtheilig, ein stärkerer aber verzögert das Binden des Thones mit dem Kalke, liefert jedoch oft ein sehr festes Produkt.

Als Stellvertreter des Thones können Thonschiefer, Basalt, Wacke, ferner Trümmer von Töpferwaaren, Porzellankapseln, (Muffeln), Dachziegel, Backsteine u. s. w. dienen: die lezteren sind hiezu am wenigsten tauglich. Alle diese Körper müssen fein pulverisirt werden.

Trass und Puzzolane sind gleichfalls gute Cämente. Als ein solches betrachtet man auch die Eisenschlacken; ihre Wirksamkeit rührt aber nicht sowohl von ihrem Gehalte an Eisen als dem von gehörig aufgeschlossener Kieselerde her.

Unter denjenigen Mineralien, welche für sich, ohne künstliche Beimengung von Zuschlägen, einen hydraulischen Mörtel geben, verdient der Mergel, — seiner häufigen Verbreitung wegen, — die meiste Beachtung. Es war von demselben schon oben S. 67 und 68 die Rede, wir theilen hier, zugleich auf die Schriften des Hrn. Hofrath Fuchs und des Hrn. Ingenieur Panzer verweisend, aus der zuerst genannten nur noch folgendes mit.

Der Mergel (thonhaltiger Kalkstein oder, wie er bisweilen auch genannt wird, hydraulischer Kalk), verbreitet, wenn er angehaucht oder befeuchtet wird, gewöhnlich starken Thongeruch. Er schmilzt in starkem Feuer zu einer schlackenartigen Masse, bei geringem Thongehalte ist er äusserst strengflüssig. Er brausst mit Säuren stark auf und es entwickelt sich dabei oft ein erdharziger Geruch. In Säuren (Salz- oder Salpetersäure) nie ganz auflöslich, hinterlässt er immer einen grossen schlammigen Rückstand. In der Luft zerfällt er meist allmälig zu einem grauen Pulver (Mergelerde).

die Quantität der Steinabfälle, die dann kleiner seyn müssen, auf die Hälfte: man lässt auch den groben Sand weg und ersezt ihn durch Grubensand oder feinen Cement.

Erst dann, wenn man Erfahrungen gemacht und Versuche mit verschiedenen Gemengen solcher Substanzen, welche Einem

Der verschiedene Thongehalt im Mergel und die verschiedenen quantitativen Verhältnisse der Kiesel- und Thonerde im Thon, bilden die verschiedenen Arten von Mergel. Die Kieselerde waltet fast immer, nicht selten bedeutend, gegen die Thonerde vor. Das Menge-Verhältniss zwischen Thon und (kohlensaurem) Kalk ist ganz unbestimmt. Der Thongehalt fällt von 50 Prozent und mehr auf 10 Prozent herab und der Mergel geht dann in den gemeinen, nie ganz thonfreien, dichten Kalkstein über. Der sogenannte magere Kalkstein ist ein gegen 10 Prozent Thon enthaltender Mergel. Wie man den Thongehalt eines Mergels findet, ist bereits oben S. 118 gesagt worden.

Beim Brennen des Mergels entweicht die Kohlensäure des Kalkes und lezterer wirkt auf den Thon, wie wenn dieser, mit Aezkalk gemengt, gebrannt wird. Der mit dem Thon chemisch sich verbindende Kalk wird aufgeschlossen, bildet mit Säuren eine Gallerte und es löst sich dabei ein Theil oder auch alle Kieselerde in den Säuren auf. Starkes Brennen treibt alle Kohlensäure aus, bringt mit dem Thon viel Kalk in Verbindung und es giebt dis ein sehr kalkhaltiges Gemenge von Äzkalk und Thonsilikat. Beim schwachen Brennen wird nur ein Theil Kohlensäure verflüchtigt, nur wenig Kalk mit dem Thon verbunden und ein wenig kalkhaltiges Gemenge von basischem Kalkkarbonat und Thonsilikat gebildet. Bei sehr grossem Thongehalt verschluckt, bei starkem Brennen, der Thon fast allen Kalk; und der Mergel bindet nicht gut, weil er zu wenig Kalk enthält.

Das Verhalten des gebrannten Mergels im Wasser ist sehr verschieden. Der beste Mergel ist in der Regel der von mittlerem (etwa 25 Prozent) Thongehalt; er erwärmt sich, er mag schwach oder stark, nur nicht bis zum Schmelzen, gebrannt seyn, im Wasser nur dann, wenn er in Pulver verwandelt ist; er steht sehr gut im Wasser und erhärtet in kurzer Zeit zu Stein. Im Allgemeinen gilt als Regel, dass, um den Mergel in guten Wassermörtel umzuwandeln, ersterer nur schwach gebrannt werden müsse. Sehr stark thonhaltigem und stark ausgeglühtem Mergel wird das ihm entzogene Vermögen, im Wasser zu stehen, durch Zusaz von etwas Kalk, oft auch durch Anwendung dünner Kalkmilch statt des Wassers beim Anmachen, wieder verschafft; kalkreichem und sehr stark gebranntem Mergel, der sich nicht mehr löscht, muss etwas Cäment zugesezt werden.

Die Gegenwart von viel Eisen- und Manganoxyd im Mergel kann dem daraus bereiteten Mörtel nicht von Nuzen seyn; dagegen schaden Bittererde und Gyps nichts; lezterer befördert vielmehr sehr das Anziehen des Mörtels. Zerfällt der Mörtel im Wasser und bindet er nur sehr langsam, so kann ihn ein Zusaz von etwas Eisenvitriolauflösung zu dem beim Anmachen gebrauchten Wasser dahin bringen, dass er im Wasser sogleich steht und schnell erhärtet.

zur Béton-Bereitung zu Gebothe stehen, angestellt, dabei die Quantitäten verändert und die Resultate mehrere Monate hindurch in Kästen, deren sämmtliche Flächen von Löchern durchbohrt sind, unter Wasser gesezt hat, kann man mit Sachkenntniss die Quantitäten bestimmen, aus welchen das Gemenge

Um jeden hydraulischen Mörtel vor dem Zerfallen zu sichern, und ihn in kurzem zu grosser Festigkeit zu bringen, überstreicht man ihn, nachdem er angezogen hat, und ehe man das Wasser auf ihn wirken lässt, mit Glasauflösung.

Um die Tauglichkeit des Mergels zu Wassermörtel zu prüfen, zerschlägt man ihn in nicht über ein Zoll starke Stücke, und brennt ihn in mittelmässiger Rothglühhize $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden lang in einem Tiegel oder besser noch zwischen Kohlen. Das feine Pulver, in welches man die Stücke dann zerreibt, wird ebenso, wie das mit Cäment und Äzkalk bereitete (S. 137) behandelt. Die Gleichheit der Farbe und die Konsistenz der Stücke lassen erkennen, ob sie alle völlig durchgebrannt sind. Es ist von Nuzen mit diesem Versuche auch einen auf nassem Wege zu verbinden.

Das gebrannte Produkt darf nicht zu lange der Luft ausgesezt werden, damit sich, durch Anziehen von Wasser, kein Kalkhydrokarbonat bilde und dadurch die Fähigkeit, unter Wasser zu binden, nicht zum Theil verloren gehe. —

Zum Schlusse fassen wir nun noch einmal das Wichtigste, was Theorie und Erfahrung über den hydraulischen Mörtel lehren, in folgendem zusammen.

Das Erhärten des Wassermörtels beruht einzig und allein auf einer chemischen Verbindung, welche der Kalk (oder an dessen Stelle die Bittererde) als Basis, mit der Kieselerde (oder mit Silikaten) durch Vermittelung der Feuchtigkeit eingeht.

Bei der Anwendung dieses Mörtels muss das zu schnelle Austrocknen desselben auf jede Weise verhütet werden.

Die Konsistenz des Mörtels ist um so grösser, je geringer die chemische Kohärenz der Kieselerde in dem anzuwendenden Silikate ist.

Ehe man daher das Sililikat der Cämentation auf nassem Wege unterwirft muss dessen chemische Kohärenz auf trockenem Wege (im Feuer) möglichst gehoben werden.

Die Härte des Wassermörtels ist um so grösser, je physich härter das dazu verwendete Silikat ist.

Der Kalk wirkt auf das ihm beigemengte Cäment um so kräftiger, je feiner dieses ist.

Wir können nicht umhin, hier unsern Dank für die Belehrung, welche Hr. Hofrath Fuchs auch uns durch seine treffliche Schrift *über Kalk und Mörtel* gewährt hat, auszusprechen, und damit den Wunsch zu verbinden, dass es ihm gefallen möge, die Resultate seiner ferneren erfolgreichen Forschungen in einem so wichtigen Zweige der Technik recht bald öffentlich mitzutheilen.

bestehen soll, um daraus die tauglichsten Mörtel zu verschiedenen Arten von Béton zu erhalten. [133])

Noch ist zu bemerken, dass in des Geh. Ob. Baurathes Dr. Crelle *Journal für die Baukunst* (III. Bd. 3. Heft. S. 359 u. f.) ein, aus dem Journal du génie civil etc. (Mai 1829) übertragener Aufsaz des Hrn. Vicat, unter dem Titel: *Bemerkungen über die Theorie des Mörtels und der Kalk-Cemente*, enthalten ist, in welchem Hr. Vicat, nachdem er die von mehreren Gelehrten über das Erhärten des Mörtels aufgestellten Hypothesen beleuchtet hat, seine Ansicht dahin ausspricht, »dass der Kalk in den Cementen von natürlicher oder künstlicher Puzzolan-Erde, eben wie in den nicht kalcinirten Cementen von Psamit und Sand, mit diesen Substanzen eine chemische Verbindung eingeht. Diese Ansicht — fügt Hr. Vicat hinzu, — entspricht zahlreichen, bis jezt als richtig anerkannten Thatsachen. Freilich können diese Thatsachen nicht als direkte Beweise gelten, aber man weiss, dass in solchen Dingen direkte Beweise sehr schwer und zuweilen unmöglich sind.« —

[133]) Die Fundirung der Bauwerke auf Béton gewährt vor den übrigen gebräuchlichen Fundirungs-Methoden in den meisten Fällen grosse Vortheile sowohl in Hinsicht auf Kosten als auf Zeitersparniss.

Über die Bereitung und Anwendung des Béton, so wie über Arbeiten zur Herrichtung des Baugrundes für die Aufnahme der Fundirung handelt umständlich des Hrn. C. A. Beaudemoulin, Ing. au corps roy. des Ponts et Chaus., Schrift: *Recherches théoretiques et practiques sur la Fondation par immersion des ouvrages hydrauliques, et particuliérement des écluses.* (Paris, 1829. — in 4., 83 Seiten mit 3 Kupft. in Fol.); ferner enthält das erste Heft des 3. Bandes von Hrn. Geh. Ob. B. Rth. Crelle Journal für die Baukunst über diesen Gegenstand einen interessanten Aufsaz von Hrn. Bau-Inspektor Zimmermann zu Lippstadt, unter dem Titel: *Einige Bemerkungen über die Festigkeit, Mischungs-Verhältnisse und Zubereitung des Béton.*

VIII. Vorlesung.

Mauerwerk der Alten, — der Neuern. — Art des Versezens der Steine. — Bruchstein - oder gemeines Mauerwerk der Alten, — der Neuern. — Backstein-Gemäuer. — Béton. —

Mauerwerk.

Mit dem Namen Mauerwerk bezeichnet man eine Baumasse, die entweder aus Hausteinen, oder aus Bruchsteinen oder endlich aus Backsteinen besteht, welche unter sich mittels Mörtel oder Gyps verbunden sind.

Es giebt demnach verschiedene Arten von Mauerwerk.

Die erste heisst Hausteingemäuer oder Mauerwerk aus zugerichteten Steinen.

Die zweite wird gewöhnliches Mauerwerk, oder Mauerwerk aus Bruch- oder aus Backsteinen genannt.

Hausteingemäuer.

Obgleich bei einigen antiken Monumenten die zugerichteten Steine, woraus jene bestehen, ohne Mörtel versezt sind, so werden diese Bauten doch in die Klasse des zugerichteten Mauerwerkes eingereiht.

Der Zweck den man bei jeder Gattung von Mauerwerk, hauptsächtlich aber bei dem dieser ersten Klasse im Auge hat, ist der, aus einzelnen, mit einander verbundenen Stücken eine einzige Masse zu bilden, die dieselbe Festigkeit hat, als wenn sie nur aus einem einzigen Stücke bestünde.

Bei den Alten war es gebräuchlich, zur Aufführung ihrer Bauwerke Stücke von den stärksten Abmessungen zu verwenden.

Man findet in den Ruinen von Persepolis Steine, die 52 Fuss Länge, 6 Fuss Höhe und ebenso viele Breite haben. Diese Blöcke halten 1872 Kubikfuss und wiegen ungefähr 4000 Zentner. An dem grossen Tempel zu Balbeck sieht man noch beträchtlichere Blöcke, und in dem in der Nähe des Tempels befindlichen Bruche, woraus die Blöcke genommen worden, findet man einen, der 69 Fuss Länge, 12 Fuss 10 Zoll Breite und 13 Fuss 3 Zoll Dicke hat. Er bildet einen Kubus von ungefähr 10000 Fuss und sein Gewicht mag beiläufig 2 Millionen Pfund betragen.

Der kühnste Baumeister muss erstaunen, wenn er an die Mittel denkt, welche angewandt werden mussten, solche Massen zu bewegen und fortzuschaffen.

Die Alten verwandten die grösste Sorgfalt auf die genaue Abrichtung der sich berührenden Oberflächen der Steine, und zwar in der Art, dass die Fugen, welche die sichtbaren Kanten dieser Oberflächen bilden, kaum bemerkbar waren. Die grosse Vollkommenheit im Zusammensezen dieser Steine hat den Glauben erzeugt, dass die Alten sie nur durch die Reibung erhielten, indem sie die Steine selbst sich aufeinander im Kreise bewegen liessen.

Wenn die Blöcke keine so grosse Abmessungen hatten, welche die Alten über ihre Stabilität beruhigten, so wendeten sie Klammern von Eisen, bisweilen auch von Bronze an, um die Blöcke zu verbinden und nur eine einzige Masse zu bilden.

Die Mauern des Concordia-Tempels zu Agrigent stellen Beispiele dieser Bau-Art dar. Die Schichten, welche aus Steinen bestehen, die nach allen Seiten gleiche Abmessungen haben und auf ihren Oberflächen mit der grössten Sorgfalt behauen sind, sind durch kupferne Klammern verbunden. Die Ausführung dieses Mauerwerks ist von solcher Vollkommenheit, dass man lange nach Erbauung des Tempels in den Seitenmauern Bogengänge durchgebrochen hat, wobei man die Gewölbe aushob, ohne auf die Zurüstung der Schichten Rücksicht zu nehmen, welche dadurch durchschnitten wurden. Die Steine halten sich noch, unerachtet einige der Pfeiler zerstört worden sind, und mit Erstaunen sieht man, dass diese Verwüstung durchaus keine Trennung in dem oberen Theile der Mauer hervorgebracht hat. Die lange Dauer und die Erhaltung dieses Monu-

mentes verdankt es offenbar der besonderen Sorgfalt, welche auf seinen Bau verwendet worden ist.

Die Konstruktion der antiken Monumente ist aber nicht immer so einfach, wie die des Tempels zu Agrigent. Die Griechen besonders wandten verschiedene Verbindungen bei der Anordnung der Blöcke an. Jede derselben hatte einen besonderen Namen.

Sie nannten *διατονοι* (diatonoi) eine Anordnung von Steinen, deren Länge das doppelte ihrer Breite hatte, und die im Mauerhaupte wechselweise ihre quadratische oder längliche Fläche zeigten; es ist dis, was wir mit dem Namen Binder und Läufer bezeichnen. Hatten alle Schichten gleiche Höhe; so hiess diese Art Mauerwerk, *ισοδομον* (isodomon); zwei aneinander liegende Steine waren nöthig, um die Dicke der Mauer zu bilden, wenn ihre lange Seite im Mauerhaupte lag, im entgegengesezten Falle reichte ein einziger hin, und dieser Block bildete das, was wir Durchbinder nennen. Unter den alten Bauwerken Roms findet man viele Beispiele dieser Art von Zurüstung.

Bisweilen hatten die Schichten keine gleiche Höhe; in diesem Falle waren aber die niedrigeren Schichten regelmässig zwischen die höheren gelegt. Die kleinen Blöcke hatten zwei Drittheile der Länge und Breite der grössern; es waren dann zwei der lezteren und drei der ersteren nöthig, die Mauerdicke zu bilden. Dieser Verband war das *πσευδισοδομον* (pseudisodomon) der Griechen.

Wenn die zwei verschiedenen Zurüstungen, von denen oben die Rede war, nicht die ganze Mauerdicke ausmachten, und nur die Stirnseiten aus Werkstücken aufgeführt waren, bestund die Füllmasse des Raumes zwischen jenen aus Bruchsteingemäuer. Diese Konstruktion war das *εμπλεκτον* (emplecton) der Griechen.

Es gab noch einen anderen antiken Verband, von den Lateinern opus incertum genannt. Er bestand aus Blöcken von unregelmässiger Gestalt. Diese Bauart, wovon man unter den antiken Mauerwerken häufige Beispiele findet, wurde besonders bei den Stadtmauern angewendet. Man bediente sich bei dieser Art Mauerwerk Blöcke von grossen Abmessungen, oder kleiner Steine; wenn das leztere Statt fand, so war dis das eigentliche opus incertum der Römer, welches zur zweiten Klasse des Mauerwerkes gehört.

Diese Details über die Bauart der Monumente der Alten bezeugen die Sorgfalt, welche sie auf die Schönheit und Solidi-

tät ihres zugerichteten Mauerwerkes verwendeten. Wir ahmen sie bei den Aufführungen unserer Brücken und einiger öffentlichen Monumente nach, aber für die gewöhnlichen Bauten sind diese Beispiele verloren. Die Unwissenheit der meisten Privaten, welche bauen lassen, die Habsucht der Unternehmer und die Sorglosigkeit eines Theils der Architekten geben in Paris und an andern Orten einer andern, den Alten unbekannten Art des Versezens der Hausteine den Vorzug, welche in Wahrheit förderlich und ökonomisch, aber wesentlich fehlerhaft ist; es ist dis die Methode, mittels Keilen oder Unterlagen zu versezen.

Dieser Methode zu Versezen hat man grösstentheils die Senkungen und Bewegungen zu verdanken, wodurch Besorgnisse über die Festigkeit eines der berühmtesten Bauwerke von Paris erregt wurden; es ist allgemein anerkannt, dass die Anwendung von Keilen und das Abschrägen der Steinlager an den Pfeilern des französischen Pantheons, um sehr dichte Lagerfugen mit scharfer Kante zu erhalten, die Zerstörung dieser Pfeiler verursacht und deren Wiederaufführung nöthig gemacht hat.

Diese Methode zu versezen ist schon längst von den Strassen-, Brücken- und Fortifikations-Arbeiten verbannt, und man hat sich bei den, diesem Ingenieur-Korps anvertrauten Bauten wieder sehr der von den Alten angewendeten Art des Versezens genähert.

Der Beweggrund, welcher die Werkleute bestimmt, auf Keilen zu versezen, ist der, dass dieses Verfahren ein schnelles und leichtes Versezen möglich macht, und wenig Nachhauen und Überarbeiten nach dem Versezen erfordert. Man kann in der That mittels mehr oder minder hoher Keile, einen Stein, ungeachtet der Fehler im Behauen der Lager, so versezen, dass seine Stirnfläche der der zu erbauenden Mauer entspreche und sein oberes Lager in der Ebene der Schichthöhe liege.

Ein auf solche Weise versezter und durch vier Keile unterrüsteter Stein, der oft eine Lagerfuge von beinahe einem Zoll Höhe hat, wird mit Gyps oder flüssigem Mörtel umgeben. Um dis leichter zu bewerkstelligen, bedient man sich einer eisernen Kelle, und schliesst die Öffnung der Fugen mit Werg oder Hanf, den man wieder wegnimmt, wenn der Mörtel Konsistenz gewonnen hat.

Die Folge dieser Versezungsweise ist, dass, weil der Mörtel durch das Trocknen sein Volumen vermindert, die Last eines

Theils des Gebäudes durch die Keile getragen wird, was, da die Steine nicht überall aufliegen, oft den Bruch derselben in ihrer Mitte verursacht; oder, was noch schlimmer ist, der Druck bewirkt, dass die Steine sich parallel mit ihrem Vorderhaupte spalten. Dis ereignet sich gemeinlich, wenn man, um im Gesicht dichte Fugen zu haben, das Abschrägen der Lager, wie es an den Pfeilern des Pantheons geschehen ist, ein oder zwei Zoll breit einwärts der Kante des Mauerhauptes angefangen hat.

Man könnte in der That wohl einen Theil der Nachtheile, welche mit dieser Methode zu versezen verknüpft sind vermindern, wenn man statt hölzerner Keile Plättchen von Blei anwendete, die, weil sie pressbar sind, den Steinen gestatten, sich nach Maassgabe der Zusammenziehung des Mörtels zu sezen, wodurch sich die Wirkung der Schwere auf die ganze Oberfläche der Fugen vertheilt; aber ungeachtet dieser Vorsicht, wodurch die Baukosten vermehrt werden, soll man sich doch dieser Methode nicht bei grossen Bau-Werken, am wenigsten bei Wasserbauten bedienen.

Die Art des Versezens, welche nothwendiger Weise an die Stelle jener mittels Keile, deren Nachtheile eben gezeigt worden sind, zu treten hat, ist diejenige, bei welcher man die Steine in Mörtel sezt.

Vor der Beschreibung dieser Methode ist es jedoch nothwendig, ein Wort über die Zurüstung zu sagen.

Bei den grossen Bauten, wo die beträchtlichen Dicken der Mauern nur selten die Anwendung von Durchbindern gestattet, wendet man ein System der Zurüstung an, welches sich dem Emplekton der Griechen nähert. Es ist dasjenige, welches wir, wie bereits gesagt worden, Läufer- und Binder-Verband nennen. Es bildet, vermöge seiner Anordnung, einen vortrefflichen Verband zwischen dem Hausteingemäuer der Vorderhäupter und dem Bruchsteingemäuer, woraus das Innere der Mauern besteht.

Diejenigen Hausteine, deren längere Seite im Mauerhaupte liegt, heissen Läufer. Die Binder sind dagegen diejenigen, die im Mauerhaupte ihre kleinste Abmessung, im horizontalen Sinne, haben, die längste heisst der Schweif des Steines. Diese beiden Arten von Steinen werden abwechselnd neben einander gelegt, und bilden eine ungleiche Dicke der Zurüstung. Die Theilung der gesammten Oberfläche des oberen oder unteren

Lagers von einer Schichte einer geraden Mauer, durch die Länge der Schichte, giebt zum Quotienten das, was man die mittlere Hausteindicke (appareil reduit) nennt. —

Obgleich die Abmessungen der Blöcke wesentlich von der Beschaffenheit der zu Geboth stehenden Steinbrüche und von der Grösse der aufzuführenden Gebäude abhängt, so muss doch ein gewisses Verhältniss zwischen den Abmessungen der Läufer und Binder bestehen, um so viel als möglich die Vortheile der grössten Stabilität und des Maximum vom Widerstande der Steine zu vereinbaren, auf welches Maximum, bei gleicher Oberfläche, die Gestalt dieser Oberfläcke besonderen Einfluss hat.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass für den Stein von mittlerer Dauer, den Läufern die dreifache Höhe zur Länge und die zweifache Höhe zur Breite gegeben werden solle. Die Binder können ungefähr dieselben Abmessungen haben.

Wenn man sehr festes Gestein, von mehr als ein Fuss Zurüstungshöhe anwendet, kann man den Läufern das Fünffache der Höhe zur Länge und das Zwei- und Dreifache der Höhe zur Breite geben.

Die Ökonomie gestattet nicht, dass man alle Steine genau auf die angebenen Dimensionen bringe und dass sie für alle Blöcke gleich sey; in der Ausübung begnügt man sich mit der Annäherung an diese Regel.

Welche Art Gestein man aber auch anwenden mag, so muss man doch vermeiden, den Läufern eine grössere Länge als das Sechsfache ihrer Höhe zu geben. Man darf nur dann von dieser Regel abweichen, wenn es sich von Steinen zur Bekrönung eines Baues handelt, welche Durchbinder bilden. Die mit gutem Erfolg bei den geneigten Theilen des Frontons am Louvre zu Paris, und an den Brüstungen der Brücke von Neuilly angewandten Steine berechtigen hiezu; in diesem Falle ist es aber nothwendig, dass die Lager mit Sorgfalt gearbeitet seyen, damit die Steine überall aufliegen, widrigenfalls leicht ein Bruch der Steine verursacht werden würde.

Vor dem Versezen eines Steines in Mörtel flächt man das obere Lager der unteren Schichten, worauf dieser Stein versezt werden soll, wagrecht nach der Ebene der Schichte ab, bringt das Werkstück zur Stelle und prüft im Falle es sich von einer geraden Mauer handelt, mittels des Senkels, des Winkels und der Sezwage, ob seine Lagen genau im Winkel zu der Stirnflä-

che zugerichtet sind, oder auch dem Steigungswinkel, wenn von einer Böschungs-Mauer die Rede ist: man untersucht, ob die Lager gut gehauen sind und ob die vertikalen oder geneigten Fugen gerade Flächen bilden. Endlich erst dann, wenn man sich überzeugt hat, dass der Stein so zugerichtet ist, dass er sich genau an die benachbarten Werkstücke anschliesst, schreitet man zum wirklichen Versezen auf dem Mörtellager, welches ihn aufnehmen soll. Ist man genöthigt, um ein genaues Anschliessen zu erhalten, die gerade Haltung der Stirnfläche aufzuopfern, das heisst, muss der Stein, um den Lager- und Stossfugen vollkommenen Schluss zu geben, über die Mauerfläche vorspringend versezt werden, so darf man nicht anstehen, dis zu thun. Man zieht nemlich in diesem Falle auf dem obern Lager des Steines eine, durch die Ebene der Stirnfläche gehende Linie; diese Linie zeigt die Lage der neuen Stirnfläche an, welche dann nach dem Versezen an Ort und Stelle zugehauen werden muss.

Den also hergerichteten Stein nimmt man wieder hinweg; breitet, nachdem das Lager der unteren Schichte gereinigt und angenezt worden ist, darauf eine recht gleiche Lage feinen Cement-Mörtels von etwa acht Linien Dicke aus; ebenso überzieht man die vertikale Fuge des nächsten Steines mit einer Mörtellage; darauf legt der Arbeiter den Stein auf die Cementschichte, bringt ihn mittels des Brecheisens zur Stelle, rückt ihn an die Fugen, und nachdem er seine Lage aufs neue mit dem Richtscheid, dem Winkelmaasse und der Bleiwage untersucht, schlägt er mit einem hölzernen Schlegel darauf, so dass der überflüssige Mörtel unter der Gewalt des Druckes aus den Fugen tritt.

Es ist einleuchtend, dass eine auf solche Weise versezte Haustein-Schichte, die in ihren Fugen gar keine Leere hat, auf einer Mörtellage von gleicher Dicke ruht und sich folglich gleichmässig zusammen presst, eine völlig unveränderliche Stabilität erhalten muss, sowohl durch die gute Lage der Steine als durch die Adhäsionskraft des Mörtels, welcher die verschiedenen Schichten unter sich verbindet und die nach den vorerwähnten Erfahrungen mehr als das Doppelte des Gewichtes der Steine ausmacht.

Einige neuere Baumeister haben, nach dem Vorbilde der Alten, versucht, die Festigkeit, die aus dem Versezen der Steine in eine Mörtelbett hervorgeht, noch zu vermehren; sie erdachten Verbindungen im Innern, welche durch Zapfen und durch mässige

Vorsprünge in den Lagern und Fugen der Blöcke bewerkstelligt werden. Dieses Mittel wurde öfter versucht, vorzüglich bei Bauten am Meere, wo das Mauerwerk dem Wellenschlag früher ausgesezt ist, als der Mörtel die für den entgegen zu sezenden Widerstand nöthige Konsistenz erlangt hat. Aber man hat eingesehen, dass dieses Mittel der vortheilhaften Idee, die man sich davon gemacht hatte, nicht entsprach: denn es ist fast unmöglich, im Behauen die erforderliche Genauigkeit zu erhalten, damit die Oberflächen der so sehr vervielfachten Ebenen sich berühren; zwischen den Steinen, die sich nicht berühren und nur auf einigen Punkten unterstüzt sind, giebt es Leeren; kurz: aus der Anwendung dieses Mittels entspringen fast immer Konstruktionsfehler, die statt das Mauerwerk fester zu machen, gemeinlich nur seine Zerstörung verursachen.*

Wegen dieser Nachtheile verzichtete man auf diese Verbindungs-Arten der Werkstücke: eiserne oder kupferne Klammern, die alle Werkstücke einer Schichte verbinden, verdienen vor ihnen den Vorzug: besser noch ist die Anwendung langer eiserner Schienen, welche Anker heissen, die man auf dem oberen Lager der Schichte nach deren ganzer Länge einfugt; jedes der Werkstücke, woraus die Schichte besteht, erhält ein vertikales Loch, welches auf das in die Schiene geschlagene trifft, und so kann mittels eines Bolzen, der durch die Schlauder und den Stein geht, jede Schichte als aus einem einzigen Werkstücke gebildet betrachtet werden. Um die Festigkeit dieses Mittels noch zu vermehren, verlängert man manchmal die Löcher durch eine oder zwei untere Schichten, und der verlängerte Bolzen, der durch sie hindurchgeht, verbindet sie dergestalt, dass ein Werkstück nicht verrückt werden kann, ohne mehrere Schichten mit zu verrücken. Bei See- und bei solchen Bauten, welche Stösse oder einen starken horizontalen Schub aushalten müssen, ist diese Art der Verbindung vortrefflich. —

Die Klammern, Anker und Bolzen werden in den Steinen gewöhnlich mit Blei befestigt. Es ist dis die solideste, jedoch auch theuerste Art: statt des Bleies kann man auch Schwefel, durch Essig oxydirtes Eisen und selbst einen Cementmörtel anwenden, der, indem er das Eisen der Klammern oxydirt, nach einiger Zeit eine sehr feste Verkittung bewirkt.

Rauhes Quader-Mauerwerk (Blockgemäuer).

Es giebt noch eine andere Art Mauerwerk, welches man zu der ersten Klasse rechnen muss: nemlich das mit rauhen Quadern.

Die Quader (Blöcke), Werkstücke von mittelmässiger Qualität, die ohne Behauung verwendet werden, das heisst, die keine andere Zurichtung, als die durch das Brechen bewerkstelligte erhalten haben, bilden ein Mauerwerk, das in Hinsicht auf Solidität dem aus Hausteinen ähnlich ist: es muss wie das leztere in Mörtel versezt werden. Hier ist der Überfluss an Mörtel als Bindemittel nothwendig, damit die genaue Lage der Steine, die durch den Schlag einer schweren Masse erlangt wird, den Mörtel so umher ausbreite, dass er die Fugen und zahlreichen Leeren, welche die nur rauh behauenen Blöcke lassen, ausfülle.

Diese Art Mauerwerk mit rauhen Quadern wird mit Erfolg bei Gründung grosser Gebäude, und besonders bei jener der Brücken, und im Allgemeinen bei Bauten im Wasser angewendet.

Die zweite Klasse von Mauerwerk, das Bruchstein-oder gemeine Mauerwerk, begreift die Bauten, welche aus Bruch- Füll- oder Backsteinen, mittels Mörtel oder Gyps verbunden, aufgeführt werden.

Mauerwerk der Alten.

Die Alten, besonders die Griechen, haben uns in dieser Art Mauerwerk ebenso wie bei dem Hausteingemäuer, Muster zur Nachahmung hinterlassen.

Vitruv ist bis in das kleinste Detail über die verschiedenen Arten Mauerwerk bei den Griechen und Römern eingegangen: wir wollen die vorzüglichsten darstellen.

Die Griechen unterschieden überhaupt fünf Arten von Mauerwerk; sie begreifen die zwei Abtheilungen, welche wir zu ihrer Klassifikation angenommen haben. Die drei ersten Arten, des Isodom, des Pseudisodom und des Emplekton wurden bei der ersten Klasse von Mauerwerk, wohin sie gehören, beschrieben und untersucht. Die beiden lezten von Vitruv angeführten und benannten Arten sind des opus incertum und des opus reticulatum, welche insbesondere zur zweiten

Klasse gehören: sie werden der Gegenstand unserer Untersuchung seyn, und wir werden die Verfahrungsweisen und Resultate dieser alten Art Mauerwerkes mit unseren neuen Mauerwerken vergleichen.

Bei dem opus incertum der Alten, welches wir Mauerwerk mit unbestimmten Fugen nennen, bestehen die beiden Mauerhäupter aus unbehauenen Bruchsteinen von unregelmässiger Gestalt; sie liegen ohne Ordnung und Reihenfolge der Schichten, aber allenthalben im Verbande, neben einander. Diese Art Mauerwerk geht bis in das höchste Alterthum: sie war in Rom bis zur Zeit der Kaiser in Anwendung; mehrere Ruinen von Bauwerken jener Epoche liefern den Beweis davon.

Der Raum zwischen den Mauerflächen des opus incertum war mit Füllsteinen, in Mörtelguss, ausgefüllt; dis ist eine Art Béton. Die Füllmasse wurde in Kästen ähnlich denjenigen, deren man sich beim Pisébau bedient, gegossen, — ein Mittel der Konstruktion, wodurch diese Methode förderlich wurde, und durch das Festwerden des Béton war sie fähig eine grosse Festigkeit zu erlangen.

Die Ecken der auf solche Weise aufgeführten Mauern mussten durch Hausteingemäuer in horizontalen Schichten verstärkt werden, um die Steine des opus incertum zu halten, die vermöge ihrer Lage abzurollen strebten. Bei einigen Gebäuden sind diese Ecken aus Backsteinen aufgemauert.

Vitruv tadelt die Methode der Römer, wenn sie das Emplecton der Griechen ohne die Diatonoi oder durchbindenden Steine ausführten; und bezeichnet es als einen Konstruktionsfehler, der besonders auf das opus incertum und selbst auf das opus reticulatum anwendbar ist, wenn nach der Dicke der Mauer drei Mauerbänder von verschiedener Konstruktion angewendet, und folglich Trennungen verursacht werden, die Folge des ungleichen Sezens sind, das aus diesen verschiedenen Arten Mauerwerk hervorgehen muss.

Diese Bemerkung ist gegründet; es ist jedoch erweisslich, dass das Festwerden diesen Nachtheil verbessert, denn man nimmt in den Massen dieser Art des Mauerwerkes, von welchem man unter den antiken Bauwerken häufige, gut erhaltene Beispiele findet, keine Trennung wahr.

Das opus reticulatum, oder Mauerwerk im Nezverband war mit kleinen, viereckig gehauenen Steinen bekleidet, was

von Aussen die Gestalt eines Nezes gab, woher diese Art Mauerwerk den Namen hat. Das Innere war ebenso, wie bei dem opus incertum mit Füllsteinen ausgemauert; es wurde durch dieselben Hülfsmittel hergestellt, und die Ecken müssen gleichfalls durch grosse Werkstücke mit horizontalen Lagern verstärkt werden.

Die Steine, welche die äusseren Mauerhäupter bildeten, waren ins Kreuz gelegt: sie hatten gemeinlich 3 Zoll Seiten- und 5 bis 6 Zoll Binder-Länge, um mit der inneren Füllmasse eine Verbindung herzustellen.

Dieses Mauerwerk, dessen Häupter sich dem Auge wohlgefällig darstellten, wurde zu Rom in den lezten Zeiten der Republik und unter den Kaisern häufig angewendet; es trat an die Stelle des Opus incertum, von welchem man in jener Epoche aufhörte Gebrauch zu machen.

Die weitläufigen und prächtigen Ruinen der Villa Adriana bei Tivoli zeigen fast alle ein mit vieler Sorgfalt ausgeführtes Nezgemäuer. Einige Theile dieser Mauern waren mit Marmor-Vertäfelungen bekleidet; in den Ruinen der Bäder des Titus und des Diokletian zu Rom findet man noch die Löcher für die Klammern oder Hacken, welche die Marmortafeln, womit jene Art Mauerwerk bekleidet war, festhielten.

Die Römer kannten auch das Bruchsteingemäuer mit gerichteten oder parallelen Schichten. Man sieht in den Umgebungen von Rom, in der Nähe des Thurmes Metella die Ruinen eines alten Gebäudes, welches auf diese Art erbaut war. Diese sehr regelmässige Art Mauerwerk kommt dem Isodomon der Griechen nahe; das heisst, alle Bruchsteinschichten haben gleiche Höhe: die Bruchsteine haben alle 8 Zoll Länge, 8 Zoll Breite und 3 Zoll Höhe. Unser neues zugerichtetes Bruchsteingemäuer ist eine Nachahmung jener alten Art Mauerwerkes.

Von diesen verschiedenen Arten Mauerwerk der Griechen und Römer haben die Neuern nur das mit gleichlaufenden Reihen, und hauptsächtlich das Pseudisodomon der Griechen beibehalten, das heisst jenes, welches nichts erfordert, als dass alle Bruchsteinschichten unter sich gleich seyen: dis ist unser gewöhnliches Mauerwerk, in Paris Limousinage genannt, von welchem wir sogleich sprechen werden.

Mauerwerk der Neuern.

Unsere erste Art Mauerwerk ist das von gespizten Bruchsteinen; es wird bei Mauerverkleidungen, z. B. bei Stüzmauern, angewendet, welchen man ein gewisses Ansehen von Solidität und Sauberkeit zu geben beabsichtigt; es soll mit keinem Bewurf überdeckt werden.

Die gute Herstellung dieses Mauerwerkes erfordert, dass die Bruchsteine, welche die Mauerhäupter bilden, genau winkelrecht und sauber scharfkantig gehauen seyen; sie erheischt ferner, dass die Lager und Fugen winkelrecht auf das Mauerhaupt zugerichtet seyen. Man versezt diese Steine in Verband und in Mörtel; endlich müssen sie eine Folge von Läufern und Bindern bilden, um das Gemäuer der Häupter mit dem des Inneren in Verband zu bringen.

Wenn diese Art Mauerwerk gut ausgeführt wird, so ist es sehr solid und für das Auge von guter Wirkung. Bringt man noch in den Ecken Quader- oder Haustein-Einfassungen an, welche bäurisches Werk oder Spundfugen erhalten können, so verunziert sie eine schöne architektonische Masse nicht, sondern macht sie reicher, indem sie eine wohlgefällige Manchfaltigkeit bewirkt.

Die zweite Gattung des neuern Bruchstein-Gemäuers ist das rauhe Mauerwerk. Es weicht von dem ersteren nur davon ab, dass die Steine, statt gehauen, fast ganz rauh angewendet werden und dass man sich nicht an gleiche Höhe der Schichten bindet. Die Lager der Bruchsteine müssen indessen gut gerichtet seyn. Sie haben diese Eigenschaft von Natur, wenn sie aus Steinbrüchen genommen werden, deren Bänke deutlich hervortreten. Im entgegengesezten Falle muss man diese Lager mit dem Hammer zuhauen.

Um ein gutes gemeines Mauerwerk zu erhalten, ist es wesentlich, dass der Arbeiter vor dem Aufziehen des Mörtels, in welchem der Stein zu liegen kommt, die Schichte des darunter befindlichen Gemäuers wohl säubere und annezze; er muss die Erde und andere Stoffe, welche an den Steinen hängen können, wegschaffen, und diese befeuchten, damit sie den Mörtel besser anziehen; er muss sie stets in Verband und satt in Mörtel legen; er muss ihnen durch den Schlag des Hammers eine sichere Auflagerung verschaffen, und so lange darauf schlagen, bis jeder

Stein seine Stelle eingenommen hat. Es ist ferner nöthig, dass der Arbeiter alle Leeren der Fugen, welche durch die unregelmässige Gestalt der Bruchsteine entstehen, mit Steinabfällen wohl auszwicke, welche mittels des Hammers in den Mörtel, der alle Leeren ausfüllen muss, eingedrückt werden. Endlich ist es unerlässlich, die Mauer von beiden Seiten zugleich schichtenmässig aufzuführen und das Innere mit der Höhe jener Bruchsteine abzugleichen, welche die Häupter bilden.

Nicht immer stehen lagerhaft aus Kalksteinbrüchen kommende Bruchsteine zu Geboth; bisweilen sind nur vulkanische Produkte von unregelmässigsr Gestalt vorhanden; ein andermal sind es Kieselgerölle die man anwenden muss. Wenn sie nicht, wie die Kalksteine, den Vortheil haben, lagerhaft zu seyn, so besizen sie doch gemeinlich die Eigenschaft, mit dem Mörtel stärker zu binden, und wenn man Sorge trug, die Leeren gut aus zu zwicken und diese Art Steine satt in guten Mörtel zu legen, so erlangen die Mauer-Massen, welche daraus gebildet werden, endlich eine grosse Solidität.

Im Allgemeinen erfordert das Bruchsteingemäuer die beste Aufsicht, wenn es gehörig ausgeführt werden soll. Es ist wesentlich, die Arbeiter, welche damit beschäftigt sind, nie aus dem Auge zu lassen und die Arbeit nie in Verding zu geben, und zwar der daraus entspringenden Fehler wegen, welche leicht verdeckt werden können. Die zahlreichen Beispiele unangenehmer, aus einem schlecht ausgeführten Mauerwerke entspringender Erfolge müssen den Ingenieur vorsichtig und aufmerksam machen, weil er immer für die ihm anvertrauten Arbeiten verantwortlich ist.

In Paris, wo der Gyps in Überfluss und von guter Qualität vorhanden ist, wird der grösste Theil des gemeinen Hauerwerkes statt in Mörtel in Gyps aufgeführt. Die Werkleute missbrauchen oft die Eigenthümlichkeit dieses Stoffes, auf der Stelle eine beträchtliche Konsistenz anzunehmen, und weit entfernt, die Lager der Bruchsteine vor ihrer Verwendung zu behauen, versezen sie dieselben gemeinlich so wie sie sind und ohne alle Vorsicht. Der Gypsüberzug, womit die Mauern bekleidet werden, verbirgt dann alle die Mängel; und wenn sehr hohe Mauern von 18 Zoll Dicke, die von vielen Fensteröffnungen durchbrochen sind, der Last der Gebälke und Dachstühle, welche sie zu tragen haben, widerstehen, so hat man dis lediglich der

Adhäsionskraft des Gypses zu verdanken einer Kraft, die unmittelbar nach seiner Anwendung beträchtlich ist; da sie aber mit der Zeit abnimmt, so können die auf solche Weise aufgeführten Gebäude nicht von Dauer seyn; es ist selten, dass diese über ein halbes Jahrhundert hinausreicht, und während dieses Zeitraumes ist man genöthigt, häufige Ausbesserungen vorzunehmen.

Eine der Ursachen der geringen Dauer jener Gebäude, bei welchen der Gyps angewendet wird, ist das Aufblähen desselben, die Mauern nehmen hiedurch, wenn sie an ihren Enden durch benachbarte Gebäude eingeschlossen sind, eine windschiefe Stellung an; sie verlieren bisweilen ihre lothrechte Richtung und folglich die zu ihrer Festigkeit unerlässliche Stabilität.

Diese Betrachtungen über Mauerwerke mit Gyps dürften die Anwendung dieses Stoffes als Mörtel widerrathen, wenn es sich um die Aufführung grosser Gebäude und öffentlicher Denkmäler handelt.

Backsteingemäuer.

Das Backsteingemäuer ist zu allen Arten von Bauwerken vortrefflich; seine Eigenschaft, mehr als jede andere Art Mauerwerk, den Béton ausgenommen, vom Wasser undurchdringbar zu seyn, eignet es vor Allen besonders zu Wasserbauten.

Die Herstellung desselben ist, wegen der Regelmässigkeit der Prismen aus denen es besteht, die leichteste von Allen. Der Arbeiter hat nur dafür zu sorgen, dass er den Backstein vor der Verwendung säubere und mit Wasser annezze, ehe er ihn auf sein Mörtellager bringt, und ihn auf der ihm zukommenden Stelle dadurch festlegt, dass er ihn mit der Hand, mit dem Hammer, oder einfacher mit der Kelle in sein Mörtellager eindrückt. Der Verband ist leicht herzustelllen, weil alle Backsteine gleiche Abmessungen haben. Man verändert die Verbindungen im Versezen nach der Dicke der Mauern in der Art, dass die Backsteine der oberen Schichten jene der unteren überkreuzen, und dass weder die vertikalen Fugen noch die wagrechten Lagen aufeinander treffen, wenn zur Mauerdicke mehr als ein Stein nöthig ist.

Es giebt noch eine Art gemischtes Mauerwerk, welches gemeinlich aus Backsteinschichten beteht, die regelmässig mit

Schichten von kleinen gespizten Bruchsteinen und bisweilen mit Kieselsteinen wechseln, deren Haupt ein Bruch ist, den man durch einen Schlag des Hammers auf den Kiesel erhält.

Man sieht mehrere antike Beispiele dieser Art Mauerwerk; auch einige gothische Monumente liefern dergleichen. Diese Gattung Mauerwerk, welche in Beziehung auf seine Konstruktion nichts besonderes hat, wurde beinahe ganz aufgegeben, da es kospieligere Handarbeiten erfordert, ohne irgend einen Vortheil in Beziehung auf die Solidität zu gewähren.

Bétongemäuer; Fussböden oder Pflaster.

Béton von dem wir bei den Mörteln, zu welchen er gezählt werden muss, gesprochen haben, kann hinsichtlich seiner Anwendung zu Wasserbauten, auch noch als eine Gattung Mauerwerk betrachtet werden Die Art und Weise seiner Bereitung und Anwendung ist bereits gezeigt worden; es ist über dieses Gemenge weiter nichts mehr zu sagen übrig.

Die Gränzen dieser Abhandlung gestatten nicht, uns besonders mit den Fussböden oder dem Pflaster der Gebäude zu befassen, welche die Römer mit einer Art Mörtel oder Béton herstellten, im Falle sie nicht den Marmor selbst anwendeten, den diese Mörtelarten durch die Schönheit des Schliffes, dessen sie fähig sind und durch ihre Härte nachahmten. Dieser Gebrauch hat sich in **Italien** erhalten, und man fertigt Pflaster aus künstlichem Marmor, dessen Grundlage Puzzolanmörtel mit Marmorstücken gemengt ist, und den man wie den Marmor selbst schleift. Diese Arbeiten, die zu ebener Erde, und selbst auf den Fussböden der oberen Stockwerke von Privatgebäuden angewendet werden, sind in den venetianischen und römischen Staaten sehr gewöhnlich; sie sind besser als unsere Zimmerböden aus gebrannten Platten, an deren Stelle sie in jeder Hinsicht mit Vortheil gesezt werden dürften.

IX. Vorlesung.

Vom Holze, als Baumaterial betrachtet.

Die Hölzer werden bei der Konstruktion der Gebäude entweder als wesentliche Bestandtheile dieser lezteren oder blos als Mittel zur Ausführung betrachtet.

Als wesentliche Bestandtheile dienen sie, die Gründungen auf einem Boden herzustellen, der keinen hinreichenden Widerstand darbietet; man fertigt aus ihnen das Zimmerwerk der Decken und der Dachstühle; man wendet sie zur Herstellung der Treppen und Schreinerarbeiten an, mit welchen das Innere der Gebäude geziert wird. Man gebraucht dieselben auch zur Erbauung hölzerner Brücken und Pfahlwerke; endlich dienen sie zu einer grossen Menge von Bauten bei deren Aufführung sie die Stelle des Mauerwerkes vertreten, wenn man sich entweder aus ökomischen Gründen oder aus Verlangen baldiger Benüzung zur Anwendung des Holzes entschliesst.

Als Mittel zur Ausführung werden die Hölzer angewendet, um damit Gerüste, Rüstbögen, Nothbrücken, Fangdämme herzustellen, und ihr Gebrauch ist in der Baukunst eben so häufig als unentbehrlich.

Zur möglichsten Ersparung des Holzes, welches von Tag zu Tag seltener wird, ist es nöthig:

1) dass die Holzkonstruktionen im Allgemeinen aus gesunden Hölzern bestehen;

2) dass die Stücke auf die vortheilhafteste Weisse angeordnet;

3) endlich, dass ihre Abmessungen nach dem Widerstande, den sie zu leisten haben, berechnet seyen.

Wir werden uns nun mit den Hölzern in Hinsicht auf diese drei wichtigen Betrachtungen beschäftigen.

Unter den verschiedenen zur Aufführung der Gebäude tauglichen Holzarten unterscheidet man die Eiche als diejenige, welche alle zur Dauer und Solidität nöthigen Eigenschaften im höchsten Grade in sich vereinigt. Unter gewissen Umständen wird auch die Tanne mit Vortheil angewendet; endlich ersezt man die Eiche bisweilen durch die Buche und die Ulme.

Die Botaniker unterscheiden bei den Eichen eine grosse Anzahl von Varietäten; für unseren Zweck wird es genügen, die erste von den zwei Hauptvarietäten als diejenige zu untersuchen, welche die zum Zimmerwerk geeignetsten Eichenhölzer liefert. [124])

Diese erste Varietät ist die, welche Eicheln mit langen Stielen trägt.

Sie theilt sich in zwei Unter-Varietäten, wovon die erste (die Stiel- oder Sommereiche) die beste Gattung Holz erzeugt. Sie begreift die Eichen mit grossen, einzelnen oder zwei und zwei zusammen stehenden Eicheln; das Blatt ist gross; das Holz, von gelblichem Weis ist, geschmeidig, fest, leicht spaltbar; die Rinde ist glatt und graulich von Farbe. Diese Eichenart wächst in gutem Boden, welcher mit einer Schichte von vegetabilischer Erde, die Tiefe hat, bedeckt ist.

[124]) Die Eiche (Quercus) trägt männliche und weibliche Blüthen auf einem Stamme, die ersteren haben die Gestalt von dünnen fadenförmigen Käzchen, die anderen jene von Knospen. Die Frucht, Eichel, ist eine einsamige Nuss, deren lederartige Schaale im Grunde von der holzig gewordenen Hülle umgeben ist.

Folgende sind die Hauptarten der Eichen, deren jede vielerlei Namen trägt:

Die Trauben- oder Wintereiche (Quercus Rubor L.) Steineiche, männliche Eiche; u. s. w.

Die Stiel- oder Sommereiche (Quercus Foemina Duroi, pedunculata), gemeine Eiche, Tanneiche, langstielige, grosse Eiche, Baueiche, weibliche Eiche u. s. w.

Abarten sind: die Raseneiche; die spizblättrige Stieleiche.

Die Cerreiche. (Quercus cerris), burgundische Eiche.

Die grosse Stachelkelcheiche (Quercus Aegilops), grosse Galleiche.

Die Stecheiche (Quercus Ilex L.) europäische immergrüne Eiche.

Die Korkeiche (Quercus Suber L.); Korkbaum, Pantoffelholzbaum.

Die beiden Arten von Eichen, die im Texte dieser Vorlesung als zwei Unter-Varietäten einer Eichenart bezeichnet werden, sind ohne Zweifel die Stiel- oder Sommereiche und die Trauben- oder Wintereiche.

Die zweite Unter-Varietät (die Trauben- oder Wintereiche) trägt kleine in Büscheln von 3, 4 und 5 vereinigten Eicheln. Das Blatt ist klein, die Farbe des Holzes und seiner Rinde ist dunkler, leztere weniger glatt, und zeigt Risse. Das Wachsthum ist langsam. Diese Eichenart wächst nur auf magerem Grunde mit steinigtem Boden.

Das Holz der Sommereiche gleicht sehr dem Kastanienbaum in der Textur seiner Fibern und in seiner Farbe, woher es kommt, dass man bisweilen altes, hieraus gefertigtes Zimmerwerk für Kastanien-Holz ansieht. Es erhält sich sehr gut, und man zieht es überhaupt allen übrigen Varietäten vor, weil es mehr Kern und weniger Splint giebt, und seine Fibern gerade und elastisch sind.

Die Wintereiche liefert ein beträchtlich spezifisch schwereres Holz als die Sommereiche; sie ist härter, aber minder gerade; ihre Fibern sind oft gewunden, fast mmer durch Knoten unterbrochen, weshalb das Holz schwer zu bearbeiten ist, und, wenn es zugehauen wird, aufreisst.

Alle übrigen Varietäten von Eichen gleichen mehr oder weniger den beiden, von welchen wir eben die Hauptmerkmale angegeben haben. Es wird demnach für unseren Gegenstand hinreichen, als Haupteintheilung des Eichenholzes diejenige anzunehmen, welche die Baumeister, in Übereinstimmung in dieser Hinsicht mit den Botanikern, aufgestellt haben und wonach die Eichen in weisse, oder mit dicken Eicheln, welche weniger schwer, weniger hart, und leichter zu bearbeiten sind, und in Eichen mit kleinen Eicheln, welche die entgegen gesezten Eigenschaften haben, abgetheilt werden.

Diese Eintheilung bezeichnet im voraus die Anwendung, welche von diesen beiden Holzarten in Hinsicht auf ihre Eigenschaften zu machen ist.

Die erste Klasse wird vorzugsweise zu den grossen Zimmerwerken der Dächer, der Decken, zu den Schreiner- und allen übrigen Arbeiten im Innern dienen.

Die zweite wird mit Nuzen zu den Gründungen der Gebäude, zur Konstruktion der Brücken und zu allen Bauten im Freien angewendet, welche dem Wechsel der Jahreszeiten ausgesezt sind.

Diese nüzlichen und geeigneten Anwendungen dieser beiden Holzgattungen können nur an jenen Orten Statt finden, wo diese

Hölzer wachsen, oder in See- oder in bedeutenden Handelsstädten, wo wohlversehene Holzhöfe vorhanden sind. Oft ist man durch örtliche Umstände genöthigt, die Gattung welche das Land hervorbringt anzuwenden, obgleich die Bauwerke die andere erforderten, die man aber nur mit sehr beträchtlichen Kosten erhalten würde. [125])

[125]) Eine kurze Beschreibung der übrigen, beim Bauen in Anwendung kommenden Hölzer, die im Texte dieses Werkes kaum dem Namen nach erwähnt sind, findet hier wohl um so mehr eine Stelle, als namentlich die Nadelhölzer in Deutschland so häufig sich finden und zur Herstellung von Gebäuden der verschiedenste Art gebraucht werden.

Die Waldbäume, welche Bau-, Nuz- und Werkholz liefern, werden eingetheilt in Nadelhölzer und Laubhölzer.

Nadelhölzer.

Die spizigen dunkelgrünen Blätter (Nadeln) dieser Hölzer, welche nicht wie die Blätter der Laubhölzer, an der Achsel oder im Grunde mit einer Knospe versehen sind, fallen (mit Ausnahme der Nadeln des Lerchenbaumes) nicht regelmässig gegen den Winter, sondern einzeln und nach und nach ab, indem sie sogleich wieder durch andere ersezt werden.

Die Nadelhölzer haben gewöhnlich einen schnurgeraden, gleichförmigen, nach oben verjüngten Wuchs, schwache, sperrig gewachsene, mitunter ganz niederwärts hängende Äste, und ihre Stöcke schlagen nach dem Fällen nie wieder aus. Zu dieser Gattung Waldbäume gehören:

Die Weisstanne (Silber-, Edeltanne; Pinus albus Linn.). — Das Holz dieses Baumes ist fein, langfaserig, von reiner, schön weisser, nur wenig ins Gelbliche, und bei feuchtem Standorte ins Blassröthliche spielender Farbe. Die Weisstanne, fast immer von beinahe schnurgeradem Wuchse. erreicht eine Höhe von 140 bis 170 Fuss, bei 3 auch 5 Fuss Durchmesser am Stammende, und ein Alter von 300 Jahren, während sie in 100 bis 130 Jahren ihr volles Wachsthum erreicht hat.

Auf den Gebirgen Süd-Deutschlands ist sie fast immer die vorherrschende Baumart.

Im Trockenen dient sie zu allen Arten von Bauholz, zu Balken, Sparren, Bohlen und Brettern; sie liefert treffliche, sehr elastische Schiffmasten und Segelstangen. Im Wechsel von Trockenheit und Nässe wird sie, ihres geringen Harzgehaltes wegen, leicht zerstört.

Die Kiefer (Kiene; Pinus silvestris Linn.). Das Holz der Kiefer hat sehr starke, meist mit einem durchsichtigen Harze durchdrungene Jahrringe; jung ist es gelb mit weissem Splint, reif aber röthlich gefärbt; es gehört zu den härtesten Nadelhölzern, ist ziemlich elastisch, aber spröder als Tannen- und Fichtenholz. Die Kiefer ist, im geschlossenen Stande schlank, nach Oben in der Dicke allmälig abfallend, gewachsen, wird bei 2 und mehr Fuss Durch-

Der Untersuchung der Fragen in Hinsicht auf den Widerstand und die Anwendung der Hölzer muss die Beschreibung der

messer 80 bis 120 Fuss hoch und 120 bis 140 Jahre alt, sie liefert bereits im 80ten oder 90ten Jahre starkes Bauholz.

Sie gehört zu den nüzlichsten Bauhölzern Norddeutschlands und kömmt dort häufig vor.

Beim Bauen dient die Kiefer mit Nuzen zu Balken, Sparren, Trägern, Schwellen, Bohlen, Brettern und besizt auch an feuchten Orten und im Wasser eine beträchtliche Dauer.

Die Weymuthskiefer (Pinus Strobus L.) liefert Schiffmasten und Segelstangen, und ein im Trockenen taugliches Bauholz; sie ist in Deutschland selten.

Die Zirbelkiefer (Pinus Cembra L.) Ein in Deutschland seltener, nur auf den Alpen gewöhnlich vorkommender Baum wird wie die Weiss- und Edeltanne beim Bauen verwendet.

Die gemeine Fichte (Pinns Picea Du Roi), ist von röthlichgelber Farbe, der Kern etwas geadert, die dicke Holzrinde von Harz durchdrungen. Sie erreicht in 100 bis 120 Jahren eine Höhe von 80 bis 100 Fuss bei 2 bis 3 Fuss Durchmesser. In Norddeutschland ist sie der gemeinste Waldbaum.

Die gemeine Fichte dient als Bauholz jeder Art im Trockenen, und ist zugleich, immer unter Wasser stehend, von langer Dauer, weshalb sie auch zu Grundpfählen, Rosten u. s. w. dient, nur dem Wechsel von Nässe und Trokkenheit ausgesezt, stockt und verfault sie in kurzer Zeit.

Die weisse Fichte (Pinus alba L.) findet sich in Deutschland nur sparsam; sie wird wie die Weisstanne benuzt.

Die Lerche (Lerchenbaum; Pinus Larix L.), das festeste unter allen Nadelhölzern, ist reif, von bräunlich-lichtrother, auch gelblicher Farbe, mitunter geflammt. Die Lerche hat schlanke dünne Äste und aus ihrer Rinde schwizt beständig Harz aus. Unter allen Nadelhölzern hat die Lerche das schnellste Wachsthum, sie liefert schon im 60ten bis 80ten Jahre 80 bis 100 Fuss hohe und 2 und mehr Fuss dicke Schäfte, und erreicht ein Alter von mehr als 200 Jahren.

Sie findet sich im südlichen Deutschland häufig, seltener im nördlichen.

Die Lerche liefert ein in Luft, Erde und Wasser ausserordentlich dauerhaftes Bauholz, widersteht dem Wechsel von Nässe und Trockenheit und wird deshalb bei Land- und Wasserbauten mit gleich gutem Erfolge angewendet.

Laubhölzer.

Die Blätter der Laubhölzer sind mehr oder minder breit, deutlich gerippt, an ihrer Achsel mit einer Knospe versehen, fallen im Herbste oder Winter ab und werden im Frühlinge durch neue ersezt.

Die Stämme dieser Hölzer sind im Allgemeinen nicht so regelmässig und nicht so kreisförmig gerundet, als jene der Nadelhölzer; sie nehmen von der Wurzel an meist schnell, höher hinauf aber nur langsam ab, und sind meist unter spizzen Winkeln in grosse Äste getheilt. —

Hauptttheile eines Baumes überhaupt und die der Eigenschaften und Fehler vorangehen.

Die in Deutschland zum Bauen in Anwendung kommenden Bauholzarten sind:

Die Eiche. Von den Varietäten dieses Baumes ist oben im Texte und in der Note 124 bereits gesprochen worden.

Die Rothbuche (Gemeine-, Mastbuche; Fagus silvatica L.) ist für die Baukunst von geringem Werthe, und wird nur bei Wasserbauten zu Grund pfählen u. dgl. mit einigem Erfolge angewendet, muss aber dann grün und saftig seyn, damit sie sich nicht krumm ziehe; unter dem Wechseln der Temperatur schwindet das Buchenholz stark und wird leicht von Würmern angegriffen.

Die Kastanien-Buche (Fagus castanea L.), ein in Deutschland noch wenig verbreiteter Baum, wird als Bauholz wie die Eiche benüzt.

Der Hornbaum (Weissbuche; Caprinus Betulus L., Hagebuche oder Hainbuche) ist gleichfalls nur von beschränkter Anwendung in der Baukunst, da das Holz desselben nur im Trockenen sich hält, dem Wetter und der Nässe ausgesezt aber keine Dauer hat. Es wird am häufigsten zum Maschinen-Bau, und zur Fertigung von mancherlei Geräthen und Werkzeugen benüzt.

Die gemeine Erle (Else; Eller; Alnus glutinosa L.): Das Holz der Erle ist nicht sehr hart und zähe, es hat breite faserige, kleine Spiegelfasern, ungleichförmiges Gefüge und ist jung, meist von weisser, im reiferen Alter aber von röthlich brauner Farbe.

Die Erle erreicht in 40 bis 60 Jahren eine Höhe von 50 bis 60, seltener von 70 Fuss bei 12 bis 16 Zoll Dicke. Sie findet sich allenthalben, vorzüglich an den Ufern der Bäche.

Als Bauholz ist die Erle im nassen Boden, und wenn sie beständig unter Wasser steht, sehr vorzüglich und wird deshalb mit sehr gutem Erfolg zu Grundpfählen, Rostschwellen u. dgl. angewendet; doch dürfen sie nie dem Zutritt der Luft ausgesezt seyn. Im Trockenen ist das Erlenholz zum Bauen ganz untauglich, indem es sich zieht und dreht, leicht stockt, und dem Wurmfrasse unterliegt.

Die weisse Erle (Weisse Else, Eller; Alnus incana L.) liefert Holz zu Schreinerarbeiten.

Die Ulme (Rüster; glatte Ulme; Feldrüster; Ulmus campestris L.). Dieser Baum hat ein gelblich weiss, im Alter röthlich braun in Flecken, Adern, Flammen gefärbtes, feinfaseriges, festes, ziemlich zähes, einer schönen Politur fähiges Holz, das sich fast nie wirft, von keinem Wurme angegriffen wird und durch den Wechsel von Trockenheit und Nässe nicht leidet.

Die Ulme findet sich in ganz Europa, besonders in niedrigen feuchten Gegenden, erreicht eine Höhe von 60 bis 90 Fuss, hat einen beträchtlich starken Stamm und ist in 80 bis 100 Jahren fällbar.

Die häufigste Anwendung des Ulmenholzes findet beim Maschinen- und Mühlenbau Statt.

Die Flatter-Ulme (Flatter-Rüster; Ulmus effusa L.) wird wie die weisse Erle benüzt.

Der Stamm des Baumes ist der wesentlich zum Zimmerwerke geeignete Theil; er besteht aus der Rinde, dem Splint und den holzigen Fibern, welche zusammen genommen das ausmachen, was man eigentlich Holz nennt. [126])

Die Esche (Fraxinus excelsior L.). Das Holz dieser Baumart wird, da seine Verwendung zu Bauholz zu kostspielig ist, zu Tischler-, Dreher-, Wagner Arbeiten u. d. gl. gebraucht.

Die Sommer-Linde (weiche Linde; Tilia europaea L.) und die Winter-Linde (Tilia parvifolia. Hoffm.) sind beide ihres weichen Holzes wegen zu Zimmerarbeiten unbrauchbar, und werden nur von den Bildhauern, Instrumentenmachern und Tischlern verarbeitet.

Die weisse Birke (Betula alba L.), dann die wohlriechende Birke (Betula odorata) haben als Bauholz nur geringen Werth. Sie werden zu Ackergeräthen, Radfelgen u. dgl. benüzt.

Die in Deutschland vorkommenden Arten der Pappeln; die Zitterpappel (Aespe, Populus tremulus L.); die schwarze Pappel (P. nigra L.); die italienische Pappel (P. italica Mönch) liefern gleichfalls kein zum Bauen taugliches Holz. Es werden daraus Bildhauer-, Dreher- und Schreinerarbeiten gefertigt. Ihr Reissig wird zu Faschinen verwendet.

Nachbenannte Baumarten werden, weil sie theils zu Bauholz untauglich, theils dazu zu theuer sind, als Werk- und Nuzholz verarbeitet, nemlich: der gemeine Ahorn (Acer Pseudo-Platanus L); — Der Feldahorn (Acer campestris L.); — Der weissblühende Schotendorn (Unächte Akazie; Robinia Pseudo-Acacia L.); — der Wallnussbaum (Juglans rigia L.); — die Rostkastanie (Aeculus Hippocastanum L.); — der Buchsbaum (Buxus sempervirens L.) — die wilde Kirsche (Prunus Cerasus L.); — der wilde Birnbaum (Pyrus communis L.); — der wilde Apfelbaum (Holzapfel; Pyrus malus comm. L.); — die gemeine Pflaume (Schwetsche; Prunus domestica L.). — (Man vergleiche Accum: *Phys. u. chem. Beschaffenheit der Baumaterialien etc. I. Band. S.* 81 *u. f.;* Wolfram: *Handbuch für Baumeister. I. Th. neue Aufl.;* J. H. Hoffmann: *Die Hauszimmerkunst. Königsb.* 1819).

[126]) Zur Berichtigung des eben Gesagten von Rinde, Splint, u. s. w. so wie der hinweggelassenen Definitionen stehe hier aus des Hrn. Accum Werke (m. vgl. die vorige Note) folgendes:

»Jeder Baumstamm, so wie auch jeder Ast und Zweig eines Baumes, ist aus der Rinde, dem Holze und Marke zusammengesezt.«

»Die Rinde ist derjenige Theil, welcher die Pflanze, von der Wurzel aus, bis zur Spize der Zweige bekleidet. Man sieht diese Theile deutlich, wenn man einen Ast quer durchschneidet. Die Rinde hat gemeinlich, jedoch nicht immer, grüne Farbe; sie besteht aus drei verschiedenen Theilen, die sich leicht trennen lassen: der Oberhaut, dem Fleische und dem Baste.«

»Die Oberhaut, oder Rindenhaut, ist die äusserste feine Bekleidung der Rinde, bei einigen Holzarten schält sie sich von selbst ab, dis ist der Fall bei der weissen Birke.«

Die Naturforscher finden in der Rinde eine wunderbare Anordnung, für das Leben der Pflanzen wesenticher, Organe; allein in der Beziehung betrachtet, die uns angeht, ist die Rinde eine weiche Masse, voll Risse, die durchaus zu keinem Baue taugt. Man trägt Sorge, sie von den zur Zimmerarbeit bestimmten Hölzern wegzuschaffen. Diese Substanz trägt zum Widerstande der Hölzer nichts bei, vielmehr ist sie ihnen schädlich, indem sie

»Das Fleisch liegt unmittelbar unter der Oberhaut der Rinde. Es besteht gemeinlich aus einem lokeren mit Bildungssafte angefüllten Gewebe. Untersucht man es vermittelst eines Mikroskops, so sieht man, dass es aus Fasern zusammen gesezt ist, die sich in verschiedenen Richtungen durchkreuzen und zahllose nezförmige Zwischenräume bilden.«

»Der Bast macht den innersten Theil der Rinde aus. Er besteht aus mehreren übereinander geschichteten Lagen dünner Häutchen. Ihre Anzahl scheint mit den Jahren der Pflanze zuzunehmen. Jede dieser Lagen besteht aus in die Länge laufenden Fasern, die sich abwechselnd einander nähern und sich von einander entfernen, so dass sie eine Art Nezwerk bilden, dessen Maschen in jeder der verschiedenen Lagen mit einander korrespondiren. Sie werden kleiner und kleiner, so wie sich die nezförmigen Lagen dem Holze nähern.«

»Das Holz folgt zunächst auf den Bast. Es macht den festen und grössten Theil des Stammes und der stärkeren Äste des Baumes aus. Der jüngere und nicht vollkommen erhärtete Theil des Holzes, welcher näher gegen die Rinde zu liegt, ist weicher, saftiger, und hat gemeinlich eine blässere Farbe, als der übrige Theil des Holzes, man nennt ihn den Splint des Holzes oder das Splintholz. Die Holzlagen nehmen bei ausgewachsenen Stämmen an Dichte zu, so wie sie sich dem Mittelpunkte nähern.«

»Die Holzsubstanz besteht aus Bündeln von schraubenförmig gewundenen Fasern, die bald enge, bald weiter über und in einander geschlungen sind, und dadurch kleinere oder grössere Öffnungen zwischen sich lassen; diese, nachdem sie verhärtet sind, zeigen sich als Fasern.«

»Das Mark nimmt das Innerste des Holzes ein. Es ist eine mehr oder weniger schwammige Substanz, welche eine grosse Menge Zellen enthält. Bei jungen Schösslingen ist es sehr saftig, es wird aber, so wie die Pflanze älter wird, härter und verschwindet endlich in den alten Stämmen mancher Bäume gänzlich.«

»Jene erwähnte Oberhaut, das Fleisch, der Bast, und das Mark, können also als verschiedene Gestaltungen einer zellenförmigen Masse angesehen werden, so wie die Jahresringe und die Spiegelfasern nur als verschiedene Richtungen der Holzfasern angesehen werden müssen. Die Holzfaser macht bei weitem den grösseren Theil des Holzes aus, und von der Art des Zusammenhanges derselben hängt die Verschiedenheit des spezifischen Gewichts der verschiedenen Holzgattungen ab.«

Im Nachstehenden wird nur noch das Wichtigste über die Eigenschaften des Holzes, über das Werfen, Reissen und Schwinden desselben über das Al-

ihr Verfaulen beschleunigt, wenn die Hölzer den Unbilden der Witterung ausgesezt sind. Man könnte versucht werden, den Grundpfählen die Rinde zu lassen, weil ihre Stellung sie gegen

ter der Bäume und sonstiges auf dieselben Bezügliche mitgetheilt, worüber die oben in Note 125 bezeichneten Schriften umständlicher handeln.

Die Fasersubstanz (Holzfaser, von welcher bereits die Rede gewesen) kommt in den mancherlei Theilen der verschiedenen Arten von Pflanzen in manchfacher Feinheit und Länge vor, kann aber jederzeit in sehr dünne Fäserchen mechanisch zergliedert werden. Das lockere Zellengewebe, welches die Holzfasern verbindet, gestattet sowohl eine leichte Trennung der Faserlagen, als auch ein Aneinanderpressen derselben bis auf eine gewisse Breite und Dicke. Um eine Holzfaser zu verkürzen, würde, wenn dis wirklich möglich ist, eine ungeheuere Kraft erfordert werden, es ist schon schwer sie ihrer Länge nach zu zerreissen, dagegen aber leicht, sie nach der Quere zu zerbrechen.

Die Holzfaser, welche man im reinem Zustande dadurch erhält, dass man Holzspäne im Wasser anhaltend kocht, den getrockneten Rückstand mit starkem Weingeist, sodann mit ververdünnter Salzsäure, nachher mit einer Auflösung von gewöhnlicher Potasche übergiesst und zulezt so lange mit Wasser digerirt, als dasselbe auf das Holz noch einige Wirkung äussert, — ist geschmack - und geruchlos und in Wasser, Weingeist, in den Ölen und in den Pflanzensäuren unauflöslich; sie besteht in hundert Theilen: aus Kohlenstoff 52,53, Sauerstoff 4178, Wasserstoff 5,69.

Der immer beträchtliche Wassergehalt des Holzes ist von der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft bedingt. Das Holz zieht, nachdem es in starker Hize vollständig ausgetrocknet worden, nachher wieder so viel Feuchtigkeit aus der Luft an, als es vor dem Austrocknen enthielt; dis rührt grösstentheils von dem in Wasser auflöslichen extraktartigen und salzigen Theilen her, die im Holze enthalten sind. Die Nadelhölzer ziehen im Allgemeinen weniger Feuchtigkeit an, als die Laubhölzer. Nach Rumford nahm völlig ausgetrocknetes Eichenholz im Sommer bei 12° Fahrenheit 8,97, im Herbste bei 52° F. 12,46 und im Winter bei 45° F. 16,64 Theile Wasser auf.

Auf der eben bezeichneten Fähigkeit des trockenen Holzes, Feuchtigkeit aus der Luft einzusaugen, und auf der Art und Weise des Austrocknens desselben beruht das Aufreissen, Werfen und Schwinden desselben.

Sehr splintiges, schnell ausgetrocknetes Rundholz reisst der Länge nach auf, indem der schwammige Splint sich so stark zusammenzieht, dass er den Kern des Holzes nicht mehr ringsum bekleiden kann.

Bekanntlich krümmen sich beschlagene Baumstämme und Halbholz nach der Seite zu, wo der wenigste Splint ist, weil die entgegengesezte Seite sich stärker zusammen zieht. Deshalb sollte man Halbholz und Kreuzholz nie aus frischen Stämmen schneiden.

Dem Werfen der einzelnen Verbandstücke eines Gebäudes wird bei einer geschickten Anordnung durch ihr eigenes Gewicht und durch die Art ihres Verbandes mit anderen Stücken begegnet.

das Verfaulen schüzt, aber die Rinde, deren Oberfläche knorrig ist, hindert das Eindringen der Pfähle, indem sie die Reibung gegen das Erdreich vermehrt. Es ist also in jeder Hinsicht vortheilhaft, die Zimmerhölzer davon zu befreien.

Bei der gewöhnlichen Art das Holz zu schlagen, ist es für die Dauer des Zimmerwerkes von Wichtigkeit den Splint wegzu schaffen. Dis Verfahren grüudet sich darauf, dass eines Theils

Balken und Unterzüge sollen so gelegt werden, dass die Seite, welche den meisten Kern hat, oder deren Fasern etwas bogenförmig gekrümmt sind, nach oben kommt. Bei stehendem Holze in Wänden, auf welche ein Druck von der Seite Statt findet, wie bei Bollwerken, Schleusenwänden, u. s. w. soll die kernigste Seite des Holzes gegen den Druck gerichtet seyn. In freien Wänden muss die kernigste Seite der stehenden Hölzer, in der Wand liegend, gegen die Mitte des Gebäudes gekehrt seyn. Frei stehende Säulen sollen rund gelassen oder nur achtseitig beschlagen werden.

Je langsamer und regelmässiger das Austrocknen des Holzes vor sich geht je weniger wirft es sich; gerade gewachsenes am wenigsten.

Die Stämme der Bäume, welche Bauholz geben sollen, müssen gesund, gerade, wohl ausgewachsen und auf 30 bis 40 Fuss Höhe noch 1 bis $1\frac{1}{4}$ Fuss im Durchmesser haben. Ein gleiches wird von den zu Schnittholz dienenden Stämmen erfordert. Grosses Bauholz wird, der Erfahrung zufolge, nur in dicht geschlossenen Revieren mit Sicherheit und in grossen Quantitäten erzeugt,

Da es in vielen Fällen erwünscht ist, ein Mittel zu besizen, die Durchmesser und Umfänge noch stehender Stämme, deren Höhe bereits ausgemittelt worden, zu finden, so hat Hr. Huber, k. bayer. Salinen-Forstinspektor in den von ihm herausgegebenen: *Hilfstafeln für Bedienstete des Forst- und Baufaches u. s. w.* (*München bei Fleischmann.* 1828 8. 130 *S.*) eine „Tafel der Verhältnisszahlen der Umfänge oder der Durchmesser der Baumstämme von 45 bis 120 Fuss Höhe von 5 zu 5 Fuss und zur Berechnung der Dimensionen und Massengehalte nachstehender Stämme dienlich, und zwar *a.* für Fichten, *b.* für Tannen und Buchen, *c.* für Föhren und Lärchen, berechnet.“ Aus dieser Tafel ist die unten mit Nro. X bezeichnete Tafel, als ein Auszug der ersteren, zusammengestellt.

Jeder Baum sezt, so lange er lebt jährlich einen Holzring an; nach der Zahl dieser Jahrringe wird, nach Hartig das Alter eines Baumes am sichersten geschäzt. Indem man die Ringe mit einer Nadel abzählt, rechnet man zu der Zahl der Jahre noch so viele hinzu, als jede Baumart gemachten Erfahrungen zu Folge erfordert, damit der Stock, auf welchem der Baum stand, die Höhe, die er hat, erreiche. Die ganz matten Ringe vom Frühlingstriebe der Laubhölzer dürfen nicht gezählt werden, sondern nur die deutlicher wahrnehmbaren Herbstringe. Der Wachsthum des Holzes soll zu seinem Alter in folgendem Verhältnisse stehen; wird nemlich ersteres im 1tem Jahre = 0 gesezt, so ist es im 2ten Jahre = 4, im 3ten = 9, im 4ten = 15 = im 5ten = 22, im 6ten = 30, im 7ten = 40, im 8ten = 54, im 9ten = 70, im 10ten = 92.

dieser unausgebildete Holztheil sehr weich ist, und andern Theils weil er sich erhizt und in kurzer Zeit zersezt. In den Splint legen ausserdem die Fliegen ihre Eier, woraus dann die Würmer entstehen, welche den Splint durchbohren und das Holz angreifen. Man wird nachher sehen, dass man, bei der neuen Art das Holz zu schlagen, aus dem Splinte Vortheil ziehen und die eben bezeichneten Mängel dieser Substanz beseitigen kann.

Bei der Eiche ist das Mark nur wahrnehmbar, wenn sie jung ist; es vertrocknet in dem Maasse als sie alt wird, und kaum bemerkt man eine Spur desselben in jenen Eichen, welche Alter und Grösse zur Zimmerarbeiten tauglich machen.

Die Verschiedenheit des Bodens, das Klima und die Stellung bringen bei den Zimmerhölzern merkliche Unterschiede hervor, welche von der Art und Varietät des Baumes, an dem sie vorkommen, unabhängig sind.

Die Eiche, welche in feuchtem Boden wächst, liefert ein Holz, welches man spröde nennt; es ist leicht, seine Fasern sind weich, eines geringeren Widerstandes fähig als von jener, die in einer minder nassen Dammerde gewachsen ist. Diese leztere Holzart ist von schönem Wuchse, ihre Fasern sind voll, dicht zusammen gedrängt, elastisch und sie erhält sich lange Zeit.

Wenn der Baum unter einer leichten Erdlage einen steinigten Boden findet, so liefert er ein gutes Holz, aber sein Wachsthum ist langsamer.

Diese beiden lezteren Holzarten besizen die Eigenthümlichkeit, eine bedeutende Krümmung anzunehmen bevor sie brechen, während im Gegentheile das spröde Holz in dem Augenblicke reisst und bricht, wo die Last die es trägt, es zu biegen anfängt.

Die in warmen Ländern wachsende Eiche ist im Allgemeinen härter und elastischer, als die in kalten Ländern. Die Erfahrung lehrt, dass die äussersten Grenzen dieser beiden Temperaturen dem Wachsthume der Eichen nicht günstig sind. Unter der heissen Zone wird diese Baumart nicht angetroffen, ebenso wenig bringen sie die kalten Zonen hervor. Die Temperatur des 40ten bis 45ten Grades ist die der härtesten Gattung, mit kleinen Eicheln, günstigste. Das mittlere und nördliche Frankreich, so wie Deutschland bringen die schöne Gattung mit dicken Eicheln hervor. Die Richtung gegen Mitternacht und Morgen ist für trockenen und leichten Boden günstig; in kräftigen und

feuchten Erden ist es die Lage gegen Mittag, wo die Eiche am besten gedeiht. Die Lage gegen Abend ist die ungünstigste von allen, von welcher Beschaffenheit auch der Boden seyn mag. Sie ist in der That die dem Winde und Regen am meisten ausgesezte, Umstände, die den Bäumen Unfälle und Krankheiten zuziehen, die die Güte des Holzes schwächen.

Die Lage des Waldes in Bezug auf mehrere oder geringere Erhabenheit des Bodens bringt gleichfalls einige Änderungen in die Qualität des Holzes. Bei Wäldern welche Bergrücken krönen bemerkt man, dass die von den Winden ausgesezten Bäume krumm und verkrüppelt sind; die auf der Mitte eines Bergabhanges stehenden sind von den Zufällen frei, welchen die auf den Höhen stehenden ausgesezt sind; ausserdem ist die Pflanzenerde daselbst häufiger und die allgemeine Erfahrung zeigt, dass diese Lage der Wälder es ist, wo die schönsten, best gefaserten und gesundesten Bäume wachsen.

In den Thalgründen sind die Bäume gleichfalls von schönem Wachsthume, aber das Holz ist gemeinlich spröde.

Die Stellung des Baumes im Walde trägt ebenfalls zur Beschaffenheit des Holzes bei. Die an den Waldsäumen wachsenden und ebenso die vereinzelt und auf öden Pläzen stehenden erlangen eine weit grössere Dicke, als die mit ihnen gleichzeitig im Dickigt wachsenden; jedoch bei diesem schönen Anscheine liefern die erstern gemeinlich ein schlechtes Holz. [127])

[127]) Über den Einfluss, den Boden und Standort auf die Beschaffenheit und Güte des Holzes üben, ist noch folgendes zu bemerken.

Ein Boden der für den Baum, welcher auf jenem wächst, zu fruchtbar ist, erzeugt nach der Meinung der Forstmänner zu starken Reiz, verursacht, dass der Baum zu starke Jahrestriebe macht, sein Wachsthum zu spät verlängert und an der Krankheit leidet, die Saftfalle heisst. Nadelhölzer, besonders Fichten und Kiefern werden auf solchen Boden leicht kernfaul, schälrissig oder kernschälig. Zu dürftiger Boden verzögert das Wachsthum der Bäume. Sumpfiger Boden erzeugt im Allgemeinen minder festes und minder dichtfaseriges Holz, als die Bäume gleicher Art auf fruchtbaren, trockenen Boden haben.

Die gemeine Kiefer und die Birke wachsen am vollkommensten in sandigen Ebenen; die Edeltanne, die Buche, die Rüster, der Ahorn, die Aesche auf sanften Abhängen und Erhöhungen der Mittelgebirge; der Lerchenbaum, die gemeine Fichte in höheren Standorten.

In dichtgeschlossenen Holzrevieren wachsende Bäume haben im Allgemeinen ein geradfaseriges, gleichförmiges, minder ästiges und spezifisch leichteres Holz als vereinzelt an Berghöhen, dem Wind ausgesezt stehende Bäume die weniger gerade, ein knorriges, faseriges, härteres, gewundenes Holz liefern

Die Fehler oder Mängel des Holzes werden in der Baukunst unter folgenden Benennungen bezeichnet: als eisklüftiges, knorriges, kernschäliges, krummfaseriges, wurmstichiges, endlich rückgängiges (überständiges) Holz.

Das Holz ist eisklüftig, wenn man im Querschnitte des Stammes strahlenförmige, von dem Mittelpunkte nach dem Umfange auslaufende Spalten wahrnimmt. Wenn diese Spalten häufig sind, so ist das Holz das, was man zifferblattrissig oder gesternt nennt; der zulezt bezeichnete Fehler entsteht durch die starken Fröste, durch welche die Bäume am Fusse spalten und so die Holzfasern trennen: Stücke welche diesen Fehler haben, müssen verworfen werden: sie sind zur Zimmerarbeit unbrauchbar.

Ein Holz ist knotig, wenn es von einem Baume kömmt, der auf seinem Stamme eine grosse Menge Zweige hatte. Dieses Holz ist weder zum innern Zimmerwerke noch zur Tischlerarbeit geeignet; es ist wegen der Ungleichheit von Härte, welche es dem Werkzeug entgegen sezt, schwer zu bearbeiten; aber ein korriges Holz kann, wenn es nur gesund ist, zu den Wasserbauten und Fundationen angewendet werden.

Gedrehtes Holz ist dasjenige, in welchem die gewöhnliche Ordnung und Anlage der Längen- und Querfasern gestört ist, was bei diesen verschiedene, nach allen Seiten gehende Richtungen bewirkt. Dieser Fehler hat Ähnlichkeit mit dem vorhergehenden und die Verwendung der damit behafteten Hölzer ist etwa dieselbe.

Die Kernschäligkeit wird leicht an den concentrischen Spalten erkannt, welche die Jahrringe des Holzes trennen und mit welchen diese Spalten gleichlaufen. Dieser Fehler, welchen der Baum im Stande durch heftige Winde zur Zeit des Saftes erhält, wird grösser, wenn der gefällte Baum austrocknet. Er ist bisweilen bis auf einen so hohen Punkt gesteigert, dass durch eine geringe Kraft ein Holzring vom Kern des noch gesunden Stammes getrennt werden kann. Zu diesem Fehler gesellt sich gewöhnlich noch der der Fäulniss, welche die Folge von jenem ist. Ein davon angegriffenes Stück taugt zu keiner Art von Zimmerwerk.

Krummfaseriges Holz ist jenes dessen Fasern durch unregelmässig dazwischen liegende Knoten (Masern), die jene unterbrechen, in Unordnung gebracht sind. Bei der Verarbeitung dieses Holzes durchschneidet die Säge verschiedene Faserbü-

schel, was besonders die Kraft des Holzes vermindert. Dieser Fehler, welcher dieses Holz bei dem Zimmerwerk im Innern verwerflich macht, hindert jedoch nicht, es bei Fundirungen anzuwenden, wo die Bearbeitung nur in einem einfachen vierkantig Behauen besteht.

Der Holzfrass, die Wurmstichigkeit zeigen verschiedene Grade der Fäulniss oder des Absterbens des Holzes an; das Holz ist wurmstichig, wenn es von den Würmern durchbohrt ist. Beim Anfang des Absterbens des Holzes zeigen sich weissliche Flecken. Endlich ist das Holz vom Frasse angegriffen, wenn die Fäulniss den höchstenGrad erreicht hat und das Holz ohne alle Konsistenz in Staub zerfällt. Dis sind Hauptfehler; die hievon zumal im höchsten Grade ergriffenen Hölzer müssen bei jeder Art von Konstruktion verworfen werden.

Überständiges Holz ist jenes, welches, nachdem es lange Zeit abgenommen hat, auf dem Stamme abgestorben ist. Die Zerstörung des Holzes beginnt in diesem Falle im Mittelpunkte des Stammes; die Fasern trennen sich, und das Holz hat lange die Kraft nicht mehr, die es, in der Blüthe seines Alters geschlagen, besass. Man erkennt diesen Fehler des Holzes nur, wenn der Baum noch auf dem Stocke steht; man bemerkt, dass sein Gipfel eine Krone hat, dass die Blätter zu rechter Zeit hervorkommen, aber dass sie vor dem Herbste abfallen; die Rinde ist mit Mosen, Schlingkraut und anderen Schmarozerpflanzen bedeckt. Dis sind die Merkmale, durch welche dieser Fehler zu erkennen ist. Überständiges Holz taugt nicht zur Zimmerarbeit. [128])

[128]) In des Hrn. Accum mehr erwähntem Werke sind folgende „Grundsäze, nach welchen sowohl der gesunde, als der kranke Zustand der Bauhölzer beurtheilt werden kann" und die „Kennzeichen eines fehlerhaften Baumes" angegeben:

„Die Güte des noch stehenden Baumes ist nie so sicher zu beurtheilen, als wenn derselbe bereits gefällt und aus dem Gröbsten behauen ist."

„Die Kennzeichen eines gesunden Baumes, der noch auf dem Stamme steht, besonders bei Laubhölzern, sind folgende."

„Ein kraftvolles, frisches, üppiges Ansehen aller einzelnen Theile, und frisch, gesund aussehende, regelmässig dichte Kronen, ohne blätterlose und dürre Zweige."

„Ein lebhaft grünes, vollkommen ausgebildetes Laub, vorzüglich am äussersten Ende der Krone und spätes Abfallen des Laubes im Herbste."

„Ein gerader Wuchs, vorzüglich bei Nadelhölzern — bei Laubhölzern nur eine sanfte Krümmung, und nirgend auffallend schnell abnehmende Dicke des

Da die Dauer der Hölzer und ihr Widerstandsvermögen beim Bauen von Wichtigkeit sind, so hat man gesucht, denselben durch verschiedene Arten die Bäume zu fällen und zu entrinden diese wesentlichen Eigenschaften im höchsten Grade zu verschaffen.

Die alten Verordnungen beschränken die zum Fällen der Hölzer geeignete Jahreszeit auf den Winter; Duhamel's Erfahrungen und die guten Resultate, die er für die Kraft und Dauer der in den Monaten Juni und July geschlagenen Hölzer erhielt, scheinen indess zu beweissen, das der Sommer hiezu nicht minder günstig ist als der Winter. Eine Beobachtung zu Gunsten der Meinung dieses gelehrten Kriegers ist die des geringeren Gewichtes der Hölzer während den Sommermonaten, das etwa $1/6$ weniger beträgt als im Winter, ein Resultat, welches er einer geringeren Menge Feuchtigkeit beimisst. Ungeachtet dieser Erfahrungen Duhamel's behält der alte Gebrauch, die Hölzer nur im Winter zu fällen, noch immer den Vorzug und man muss gestehen, dass diese Methode wenigstens den Vortheil gewährt, den Forsten weniger Schaden zu verursachen, als wenn ihr Auslichten im Sommer vorgenommen wird.

Stammes, bei jungen und mittelmässig starken Bäumen eine glatte, lebhaft frische, und ziemlich gleichfarbige, runzelfreie, ungefleckte Rinde und Abwesenheit von Moosen, Flechten, so wie von Insekten, welche in demselben zu nisten pflegen. Bei ältern und ausgewachsenen Stämmen, deren Rinde folglich gröber und dicker ist, ein saftiges, reines und lebhaftes Ansehen der Grundfläche zwischen den Furchen der Rinde.«

»Ein heller Klang, wenn der Baum auf der Südseite an einer von der Rinde entblössten Stelle, mit einem hölzernen Schlegel stark angeschlagen wird.«

Kennzeichen eines fehlerhaften Baumes sind:

»Eine zusammengedorrte, runzelichte, gespaltene, und mit vielen Querrissen durchnittene Rinde, welche sich unten, gegen die Wurzel zu, leicht abbrechen lässt, und unter der Rinde wohl gar ein milbicht zerfressenes Ansehen hat. Unvollkommen ausgebildete, blassfarbige Blätter, eine abgestorbene dürre Krone, und gewöhnlich frühes Abfallen der Nadeln oder Blätter.«

»An Nadelhölzern Narben, Harzbeulen, Erhöhungen auf der Rinde am Stamme, die zuweilen mit kleinen Reisern besezt sind, — Spuren kleiner oder grösserer Spalten und Höhlungen zwischen den Theilungen der Hauptäste; lange an dem Stamme herunterlaufende, strickförmige Streifen, und weisse oder rothe Flecken auf der Rinde. Eine widernatürliche, verkrüppelte Form des Baumes.«

»Sehr grosse, wildwachsende Laubholz-Bäume sind höchst selten durchaus vollkommen fehlerfrei. Ob ein Baum, der durch seine Grösse, verbunden mit trockenen Ästen am Wipfel, vermuthen lässt, dass er kernfaul zu werden

Was die mehr oder minder günstigen Fällzeiten in Beziehung auf die Mondphasen betrifft, so glaubt heutzutage Niemand mehr an ihren Einfluss in dieser Hinsicht, und man weiss, dass die beim Neulichte gefällte Eiche sich ebenso gut erhält als die, welche bei abnehmendem Monde geschlagen worden ist.

Es ist für die Erhaltung der im Sommer gefällten Hölzer wesentlich, sie nicht lange im unbewaldrechteten Zustande, das heisst mit der Rinde bekleidet zu lassen. Man muss sie unmittelbar nach dem Fällen beschlagen; die Erfahrung hat gezeigt, dass der Saft gerne verdirbt; es ist desshalb dringend nothwendig die geeignetsten Mittel zur Austrocknung der Hölzer und Verdunstung des Saftes anzuwenden: durch das Abrinden und Beschlagen beschleunigt man dis. [129])

anfange, wirklich an dieser Krankheit leide, kann man durch das Anbohren desselben bis auf den Kern dicht über der Wurzel ausmitteln, denn Bäume, welche ohne äussere Verlezung blos Alters halber absterben, werden zuerst am Stammende kernfaul. Bei Nadelhölzern und allen weichen Laubhölzern, wird zuvor der ganze Kern auf 10 bis 20 Fuss hoch roth und mürbe, ehe die Fäulniss eintritt.«

[129]) Das Fällen des Bauholzes im Spätherbste oder Winter hat neben der erwähnten Schonung des Forstes noch den ökonomischen Vortheil, dass in dieser Jahreszeit die Zimmerleute, Taglöhner und Landfuhrwerke weniger beschäftigt sind als im Sommer; endlich wird die Abfuhr auf dem durch Frost fester gewordenen Waldwege erleichtert.

Die Bäume werden entweder durch Abhauen mit der Axt, möglichst nahe am Boden, oder durch Ausgraben oder Absägen gefällt. Durch das leztere Verfahren ist man oft nur allein im Stande, mittels einiger Keile dem Stamme die beliebige Richtung des Falles zu geben.

Durch schnelles Abrinden werden die Bauhölzer gegen den Angriff von Insekten gesichert, Nadelhölzer aber dürfen, so lange sie noch frisch sind, desshalb nicht entrindet werden, weil sonst aus dem entblössten Splinte Harz hervordringt, dessen Zurückhalten die Dauerhaftigkeit dieser Holzarten zum Theil bedingt. —

Es ist hier wohl der geeignete Ort, das Wichtigste in Bezug auf die Dauer der Hölzer und über die Mittel, jene zu befördern, anzuführen.

Die Organisation des Holzes erleidet, wenn dieses sich selbst überlassen ist, allmälig wesentliche Umänderungen, sie wird zerstört, und geht, wenn Feuchtigkeit und eine Temperatur von nicht viel unter 450 F. jedoch auch nicht so hoch, dass alles in Holze enthaltene Wasser schnell verdunstet, vorhanden sind, in Verwesung über.

Man ist über die chemischen, bei der Fäulniss des Holzes Statt findenden Veränderungen noch nicht im Reinen, eben so wenig sind die Ursachen der län-

Vitruv und einige andere Schriftsteller melden, dass man die Dichtigkeit, und folglich die Kraft der Hölzer vermehre, wenn man einen gesunden und kräftigen Baum auf dem Stocke absterben liesse, sey es, dass man ihn der Rinde beraubt, oder den Stamm des Baumes gegen die Wurzel zu tief auskerbt.

Duhamel und Buffon haben Versuche angestellt, um die wahren Resultate zu kennen, welche man durch diese beiden, von den alten gekannten und angewendeten Methoden erhält.

geren oder kürzeren Dauer der Hölzer unter verschiedenen Umständen genügend ausgemittelt.

Standort, Alter und Fällzeit des Holzes haben auf die Dauer der Hölzer ohne Zweifel bedeutenden Einfluss. Harzhaltiges Holz ist gegen Einwirkung der Luft und gegen Wurmfrass sicherer, als anderes. Dem Wechsel von Nässe, Trockenheit und Luft ausgeseztes Holz verdirbt leichter, als das unter einer unveränderten Temperatur oder beständig unter Wasser sich befindende. Gemachten Erfahrungen zu Folge leistet die Eiche 50 bis 60 Jahre, die Kiefer 20 bis 30 Jahre jenen wechselnden Einwirkungen Widerstand.

Kalk wirkt sehr nachtheilig auf das Holz, desshalb ist das Einmauern von Balkenköpfen, Mauerbänken, u. d. gl. so viel als möglich zu vermeiden. Man hat mancherlei Mittel vorgeschlagen und versucht, die Balkenköpfe zu sichern; Hr. I. I. Hoffmann (man vergl. dessen oben in Note 125 angeführte Schrift, S. 341 u. f.) widerräth das Einmauern aller Köpfe einer ganzen Balkenlage als dem Verbande der Mauern sehr nachtheilig. Er fügt hinzu:

„Die Balkenköpfe sollten billig nicht mit dem Kalke in Berührung kommen, sondern in Lehm vermauert werden; allein dieser ist ein weit schlechteres Verbindungsmittel als der Kalkmörtel, und die Mauer würde dadurch nur noch mehr geschwächt werden: man vermauert daher auch die Balkenköpfe in der Regel mit Kalk, und sucht sie nur durch starkes Betheeren gegen die zerstörende Einwirkung desselben zu sichern; die Erfahrung lehrt indessen oft genug, dass dieses Sicherungsmittel nicht hinlänglich sey. Sollen nun einst eingemauerte Balken erneuert werden: so leidet die Mauer noch mehr; und selten werden die Löcher, welche desshalb haben gebrochen werden müssen, in gutem Verbande und vollkommen dicht wieder ausgemauert.“ —

„Wo man sich zum Einmauern entschliesst, so sollte dis mit besonderer Vorsicht geschehen. Man sollte nemlich eine besondere Blende mit einem Bogen darüber in der Wand so tief einmauern, als der Balken hinein kommt, in diese den Balkenkopf, den man auch immer noch Theeren könnte, auf untergestrichenen Lehm lagern und an den Seiten und oben mit ausgesucht festen Steinen und sehr dünnen Fugen in Lehm vermauern. So würde der richtige Verband in der Mauer erhalten, das Holz fest und dauerhaft gelagert und bei der künftigen Erneuerung desselben aller Beschädigung der Wand vorgebeugt, indem man nur die Ausfüllung der Blende wegräumen dürfte.“

Das Betheeren kann nur bei völlig trockenem Holze angewendet werden, ausserdem befördert jenes das Verstocken des lezteren. Die Balkenköpfe zu

Diese Physiker haben wahrgenommen, dass ein kreisrunder, tiefer Einschnitt am Fusse des Baumes, sein Absterben weit mehr herbeiführe, als das theilweise oder auch gänzliche Wegnehmen der Rinde, welche die Vegetation des Baumes um fast noch ein Jahr erhält. Das Einschneiden unterbricht den Umlauf des Saftes gänzlich, während das Abrinden ihn nicht völlig aufhält: der Saft fährt fort, mittels des Splintes, den er blos härtet, zu zirculiren.

verkohlen, oder sie mit gewalztem Blei zu umgeben ist nuzlos und das leztere Mittel zu kospielig.

Für die Dauer der Hölzer im Boden ist der Lehm die beste, Garten- und Dammerde die schlechteste Erdart; im Allgemeinen dauert jede Holzart in allen dichten Erdarten länger, als in lockern; in feuchten werden die meisten Holzarten äusserst schnell zerstört.

Das in Erde einzugrabende Holz soll frei von Rissen und Ästknoten seyn.

In Berlin wurden (man vergl. Accum a. a. O. I. Bd. S. 150 u. f.) nach des Hrn. Hartig Angabe und unter dessen Aufsicht Versuche eingeleitet, um einst bestimmt urtheilen zu können, in welchem Verhältnisse Holzarten unter sich und unter gleichen Umständen in Rückicht auf Dauer stehen, ob und wie viel die Fällungszeit, der Boden, das Alter des Holzes, so wie auch vermeintliche Schuzmittel zur Förderung der Dauer des Holzes beitragen. (Hartig: *Versuche über die Dauer der Hölzer*. 1822. S. 7.)

Geschlagenes Holz muss, wenn es nicht sogleich verarbeitet wird, gegen Verderbniss geschüzt werden. Zu diesem Endzweck werden beschlagene und geschnittene Hölzer, auf einem trockenen Grunde, auf Unterlagen ruhend in bedachten, der Luft den Durchzug gestattenden Schopfen aufgesezt. Zu Grund- oder Wasserbauten zu verwendendes Holz wird mit der Rinde unter Wasser versenkt.

Um das Holz gegen das Verbrennen zu sichern, wendet man den von Hrn. Hofrath Fuchs in München erfundenen, leicht zu bereitenden und nicht kospieligen Anstrich an, dessen Basis eine Verbindung der Kieselerde mit Kalk oder Natrum ist. Hr. Fuchs hat dieses Schuzmittel Wasserglas genannt: es wurde, nachdem es zuvor von einer eigens dazu ernannten Commission geprüft worden war, zuerst beim Wiederaufbau des Theaters in München angewendet. In des Hrn. Dr. Dingler *polytechn. Journal*. XVII. Bd. 4tes Heft. 1825, dann in den berlinischen Nachrichten von Staats- und gelehrten Sachen, 27. Sept. 1825 endlich in des Hrn. Accum Werk *über Baumaterialien* (I. Th. S. 155. u. f.) ist die Bereitung und Anwendung dieses Glasfirnisses näher beschrieben.

Es liegt ausser den Grenzen dieses Werkes auch noch umständlich der Zerstörungen zu erwähnen denen das Holz in Gebäuden durch den Hausschwamm unterworfen ist. Die Schriften des Hrn. Accum (I. Thl. S. 161 u. f.) dann des Hrn. Wolfram (I. Thl. S. 386 u. f.) sowie mehrere Andere enthalten hierüber so wie über die geeigneten Schuzmittel genügende Belehrung.

Diese Wahrnehmung muss dem Entrinden den Vorzug geben. Man hat es in Deutschland und England schon lange im Gebrauch, wo man, während des Frühlingsaftes, die zum Fällen bestimmten Bäume auf dem Stocke abrindet; man lässt sie so fortreiben, oder vielmehr bis zum nächsten Winter, wo sie geschlagen werden, auf dem Stocke austrocknen.

Nach Buffon's Erfahrungen erleiden 70 jährige, von der Spize des Wipfels bis zum Fusse abgerindete Eichen während zwei Monaten keine wesentliche Veränderung; einige Zeit nachher werden die Blätter gelb und fallen Ende July, in welcher Zeit der Saft zu zirculiren aufhört, ab. Einer dieser abgerindeten Bäume wurde damals gefällt; das Holz hatte eine grosse Härte und der Splint hatte eine dem Kernholze ähnliche Dichtigkeit erlangt.

Im folgenden Frühjahre eilte die Vegetation der übrigen zum Versuche auf dem Stocke stehen gebliebenen Eichen jener der übrigen Bäume des Waldes vor; sie waren aber kränkelnd und verloren im Augustmonat ihr Laub. Diese Bäume wurden geschlagen, wie sie sich entlaubten, und ihr Holz wurde sowie der Splint, welche beide eine grosse Härte besassen, vergleichenden Versuchen mit solchen Hölzern unterworfen, die auf die gewöhnliche Weise gefällt und jenen an Alter, Stärke und an den wahrnehmbaren Eigenschaften ähnlich waren.

Diese vergleichenden Versuche fanden mit Stücken von gleichen Abmessungen, welche einen körperlichen Inhalt von drei (pariser) Kubikfuss enthielten, Statt.

Nummer der Stücke.	Bezeichnung der Versuch-Stücke.	Absolutes Gewicht.	Belastung vor dem Bruche.
		℔	℔
1	Stück von 3 Kubikfuss von einem auf dem Stocke abgerindeten Baume.	240	7940
2	Stück von gleicher Abmessung von einem nicht abgerindeten und auf die gewöhnliche Art gefällten Baum.	234	7320
3	Stück von gleicher Abmessung, von einem abgerindeten Baum.	249	8262
4	Stück, ebenso, unabgerindet. . . .	236	7383
5	Stück, Gitterstange aus Splint, von 3 Fuss Länge bei 1 □ Zoll Querschnitt, abgerindet.	Unzen $17\frac{2}{3}$	287
6	Stück, dergleichen aus Kernholz, von denselben Abmessungen, unabgerindet. . . .	$19\frac{1}{3}$	256

Aus diesen Erfahrungen folgt:

1) dass das absolute Gewicht der abgerindeten Eichen jenes der nicht abgerindeten um ungefähr $^6/_{110}$ übersteigt;

2) dass das Widerstand-Vermögen der abgerindeten Eichen zu den nicht abgerindeten in dem Verhältnisse von 81 zu 74 steht;

3) dass der Splint eines abgerindeten Baumes etwas weniger schwer, als das Kernholz eines nicht abgerindeten ist;

4) endlich, dass das Widerstand-Vermögen zwischen dem abgerindeten Splinte und dem nicht abgerindeten Holze in dem Verhältnisse von 28 zu 25 steht.

Diese Schlüsse sind entscheidend, und zu Gunsten des Abrindens der Bäume im Safte und ein Jahr vor dem Fällen derselben.

Untersuchungen über die beste Anordnung der Verbandstücke eines Zimmerwerkes, hiesse die Darstellung der Zimmererkunst selbst geben, welche hier vorausgesezt wird; ich werde mich darauf beschränken, einen Hauptgrundsaz zu wiederholen, nemlich den, das Verbindungssystem so viel als möglich aus dreieckigen Figuren zusammen zu sezen. Bei diesen Figuren sind die Winkel unveränderlich, sobald die Längen der Seiten sich nicht ändern, eine Eigenschaft, aus welcher das Maximum von Solidität in Bezug auf die Anordnung der Stücke hervorgeht, und welche vier- oder vieleckige Figuren nicht haben, deren Winkel sich erweitern oder verengen können, ohne dass die Länge der Seiten sich ändert. Dieses an Folgerungen fruchtbare System findet bei der Zimmerkunst beständig seine Anwendung.

X. Vorlesung.

Widerstand der Hölzer. — Vom Eisen: Erfahrungen über die Kohäsionskraft dieses Metalles.

Die Untersuchung der Hölzer, hinsichtlich des Widerstandes bei den verschiedenen Lagen, in welchen die einzelnen Verbandstücke der Zimmerwerke sich befinden, ist in Bezug auf die Baukunst, eine der wichtigsten.

Die Geschichte des Ganges der Wissenschaft in dieser Beziehung kann nur von Nuzen seyn, und muss der Auseinandersezung der neuesten Erfahrungen, aus denen man die Abmessungen der Stücke zur Erlangung des für den vorgesezten Zweck nöthigen Widerstandes bestimmen kann, vorhergehen.

Galiläi, der im Laufe des siebenzehnten Jahrhunderts den Grund zur ueuern Physik legte, ist der erste, welcher die Geseze der Mechanik auf den Widerstand fester Körper überhaupt anwendete. Er betrachtet die festen Körper als aus Fasern bestehend, die parallel die einen auf den anderen liegen; er untersuchte anfänglich, welches der Ausdruck der Kraft sey, mit der die Körper einer Gewalt widerstehen, welche ihre Fasern zu verlängern strebt, indem sie dieselben nach der Richtung ihrer Länge zieht; er fand, dass ihr Widerstand der Anzahl der das Ganze bildenden Fasern proportional sey. Indem er sodann die Körper als Wirkung einer, auf ihrer Länge senkrechten Kraft ausgesezt betrachtete, bewies er leicht, dass in dieser neuen Lage der Widerstand der Summe aller Fasern, multiplizirt mit einem Hebelarme proportional sey, welcher immer ein gewisser Theil von der Höhe des Körpers in seiner Bruchebene ist.

Diese beiden, von jenem ausgezeichneten Geometer aufgestellten Prinzipien sind die Geseze, welche als Grundlage zur Auflösung der auf den Widerstand fester Körper bezüglichen Probleme dienen.

Die berühmtesten Gelehrten und Mathematiker, an deren Spize Leibnitz zu stellen ist, haben sich seit Galiläi sehr sorgfältig mit der Untersuchung des Widerstandes fester Körper beschäftigt; bei ihren Entdeckungen dürfen wir die des Mariotte nicht übergehen, welcher zu Ende des vorlezten Jahrhunderts wahrnahm, dass Prismen, in ihren Enden befestigt, vor ihrem Bruche ein doppelt so grosses Gewicht zu tragen vermögen, als dasjenige ist, welches sie zu zerbrechen hingereicht haben würde, wenn ihre Enden frei gewesen wären.

Diese an Glasplatten gemachten Wahrnehmungen, deren Textur eine andere als die der Hölzer ist, schien auf diese lezteren Stoffe nicht anwendbar zu seyn; unterdessen hat der Akademiker Parent, in dem er Mariotte's Versuche in den Jahre 1701 und 1708 wiederholte sich bemüht zu ermitteln, ob die für die Praxis sehr nüzliche Entdeckung dieses Gelehrten auch die Hölzer mit begriffe. Allein da die Versuche, welche er mit freien und eingespannten Prismen anstellte, mit Holzstükken von zu kleinen Abmessungen oder nicht mit der zu solchen Beobachtungen nöthigen Genauigkeit gemacht waren, so fand er, dass in diesem Falle der Widerstand nicht vollkommen dem von Mariotte gefundenem Geseze folgte.

Ungeachtet der Unsicherheit dieser Versuche hat Hr. Parent nach denselben mit Anwendung der von Leibniz bestättigten Galiläischen Regel, Tafeln berechnet, welche den Widerstand von Hölzern angeben, die bei einer Länge von 6 bis 36 Fuss, 10 bis 18 Zoll Querschnitt haben.

Belidor stellte im Jahre 1729 neue Versuche über den Widerstand der Hölzer an; jedoch erwägend, dass die beim Bauen vorkommenden Verbandstücke fast immer eingespannt sind und entweder auf Mauern, oder auf ihren Stüzpunkten gehörig festliegen, gab dis eine hinreichende Veranlassung, auf eine genauere Weise, als der Akademiker Parent gethan hatte, dass Gesez ihres Widerstandes und ihres Bruches in diesem Falle zu bestimmen.

Diese Versuche Belidor's haben auch noch den Nachtheil, dass sie mit Stücken von zu kleinen Abmessungen angestellt wurden; indessen bestättigen die, in vielen Umständen mit Parent's Versuchen übereinstimmenden Resultate immer das Galiläische Gesez; das heisst, dass die Stücke im geraden Verhältnisse der horizontalen Abmessung der Bruchebene, multiplizirt

mit dem Quadrate der vertikalen oder mit der Last parallelen Abmessung, und im umgekehrten Verhältnisse der Länge der Stücke Widerstand leisten.

Die Versuche Belidor's zeigen ferner, dass die eingespannten Stücke ein Drittheil mehr Kraft haben als die frei auf ihren Stüzpunkten ruhenden; dieses Resultat, obgleich übereinstimmend mit jenem, welches man aus ähnlichen Versuchen Parent's folgern kann, ist indessen unrichtig.

Die ersten genauen Resultate über den Widerstand und den Bruch eingespannter Hölzer verdankt man Muschenbröck. Die von diesem berühmten Physiker zu Leyden angestellten und im Jahre 1729 von ihm bekannt gemachten Versuche zeigen, dass die Stücke in dieser Lage einen doppelt so grossen Widerstand leisten, als wenn sie nur einfach unterstüzt sind und dass der Bruch der Stücke immer in der Mitte ihrer Länge und zugleich an den Stüzpunkten, wo das Stück fest eingespannt ist, Statt hat. Diese Resultate sind mit den ersten Versuchen von Mariotte und mit der später von Euler aufgestellten Theorie vollkommen im Einklange.

Wenn uns die lezten Versuche Muschenbröck's zu einigen Verstössen gegen die Wahrheit verleitet haben, so ist die besondere Sorgfalt, mit welcher er von den zu den Versuchen bestimmten Stücken nur solche auswählte, die eine fehlerfreie Textur und Struktur zu haben schienen, um dadurch alle die Resultate alterirende Zufälligkeiten zu beseitigen, vielleicht eine der ersten Ursachen, welche sie für die besonderen Bedürfnisse der Baukunst weniger nüzlich machen. Die Hölzer, die man hiebei anwendet, sind um so weniger vollkommen, als ihr Volumen beträchtlicher ist. Es war daher nöthig, durch eine Reihe zahlreicher und sehr im Grossen angestellter Versuche eine Art Model auszumitteln, der unter der Voraussezung eines minder vollkommenen Zustandes als der von den holländischen Physikern bestimmte dazu dient, in der Praxis den Widerstand der Hölzer mit mehr Sicherheit zu berechnen.

Dis war der Stand der Wissenschaft, und dis waren die Berechnungen der Physiker als durch ein glückliches Zusammentreffen von Umständen Buffon alle Mittel, die Versuche im Grossen anzustellen, vereinte, die jenen, welche auf dieser Bahn ihm voraus gegangen waren, fehlten.

Dieser berühmte Naturforscher hat Stücke von verschiedener Stärke, und zwar von 6 bis 30 Fuss Länge bei 8 bis 9 Zoll ins Gevierte einem Drucke und bis zum Zerbrechen ausgesezt: diese lezteren Versuche machen den interessantesten Theil seiner Arbeit aus. Er hat Tafeln angefertigt, in welchen er das Gewicht jedes Stückes, die Last welche es trug, und die Pfeilhöhe der Krümmung im Momente des Bruches des Holzstückes angiebt. [130])

Diese trefliche Arbeit, welche ihrem berühmten Verfasser auf immer den Anspruch auf unsern Dank sichert, wurde in die Denkschriften der (pariser) Akademie der Wissenschaften von den Jahren 1740 — 1741 eingerückt; man findet sie ferner in der Sammlung seiner Werke, im 7ten Theil der Pariser 12 Ausgabe; man hat sich beeilt, die Encyclopädie und mehrere andere Werke damit zu bereichern.

Da es aber bei den Holzverbindungen von Wesenheit ist, dass die Stücke ihre ursprüngliche Lage behalten, und da eine zu beträchtliche Krümmung die Gestalt des Systems verändert, so kommt es für die Solidität der Konstruktion besonders darauf an, das Verhältniss der Krümmungshöhe zu der Last, welche jene bewirkt, zu bestimmen, um bei der Verwendung der Hölzer die äussersten Grenzen der Krümmungshöhen, welche die ursprüngliche Gestalt des Systems merklich verändern, und besonders jene Grenzen zu vermeiden, welche dem Bruche unmittelbar vorausgehen und die einzigen sind, welche Buffon beobachtet hat.

Um diesen, der Arbeit Buffon's gewissermaassen als Ergänzung dienenden Zweck zu erreichen, haben die unter der Leitung des verdienstvollen Ingenieur Lamblardie bei den Seebauten zu Haver beschäftigten Ingenieure Versuche im Grossen über die rückwirkende Festigkeit angestellt, das heisst, über jene Festigkeit, wobei die Hölzer, vertikal gestellt, mit einem Gewichte belastet sind, welches sie nach einer mit ihren Fasern parallelen Richtung zerdrückt.

Lamblardie hat zu diesem Zwecke eine Vorrichtung erfunden, die einem Druck von mehr als 2000 Zentner hervorzubringen vermag und mittels welcher man es dahin brachte, Stücke von

[150]) Die von Buffon mit horizontal liegenden und in ihrer Mitte belasteten Eichenhölzern angestellten Versuche sind in der am Ende dieses Theiles unter No. XI angefügten Tafel enthalten.

8 bis 9 Zoll Querschnitt zu zerbrechen. Die Resultate dieser ersten Versuche von Havre sind in den ungedruckten Denkschriften der Strassen - und Brückenbau - Schule aufgezeichnet.

Diese Versuche wurden durch den Ingeniuer Girard fortgesezt, welcher die Vorrichtung vervollkommnete und die glückliche Idee fasste, sie in der Art anzustellen, dass sie zur Bestimmung der absoluten Elasticität der Körper dienen.

Diese Versuche und die sehr merkwürdigen Resultate seiner Arbeit machen einen Theil des vortrefflichen Werkes aus, welches dieser Ingenieur im Jahre 1798 unter dem Titel: *Traité analytique de la resistance des solides et des solides d'égale resistance* herausgegeben hat, ein Werk, welches die vollständigste Theorie über diesen Theil der Wissenschaft enthält. [131])

Die Grenze des rückwirkenden Widerstandes der Hölzer hinsichtlich ihrer Anwendung bei den Bauten ist nicht das Gewicht, welches sie zu brechen vermag, sondern jenes, unter welchem sie sich zu biegen anfangen; demnach ging die Absicht des Ingenieurs Girard dahin, den Druck zu bestimmen, der, indem er Körper von gegebenen Abmessungen parallel mit ihrer Länge zusammen presst, sie zu biegen vermag.

Man sollte glauben, dass ein Körper, dessen Fasern insgesammt genau parallel unter sich wären, sich nicht unter dem Drucke eines mit den, als gleichartig angenommenen Fasern parallel wirkenden Gewichtes biegen könnte, da keine Ursache ihre Ausbiegung mehr nach der einen als nach der anderen Seite zu bestimmen scheint.

Es ist dem aber bei einem dieser Probe unterworfenen Stück Holzes nicht so. Der Mangel vollkommener Gleichartigkeit unter den Fasern, die mindeste Verschiedenheit in ihrer Struktur bedingen eine Ausbeugung, die sie nach derselben Richtung hinzieht, und das ganze System folgt gemäss der transversalen Adhärenz, indem es der Last weicht, deren Resultat senkrecht auf die Länge des Körpers wirkt.

Endlich, auf welche Weise man auch suchen mag, diese Erscheinung der Einbiegung bei belasteten, aufrecht stehenden

131) Girard's oben genanntes Werk wurde von dem Hrn. Steuerrathe Krönke unter dem Titel: *Analytische Abhandlung über den Widerstand fester Körper* (Giessen, 1803) ins Deutsche übersezt.

Hölzern zu erklären, so ist sie eine durch Erfahrung dargethane Wahrheit, die man nicht in Zweifel ziehen kann.

Die Versuche des Ingenieurs Girard wurden mit einer grossen Menge von Stücken, theils Schnitt- theils Stammholz angestellt. Er fertigte sehr ausgedehnte Tafeln an, in welchen er die Phänomene, die den Beobachter interessiren können, anzeigt. Sie enthalten die Lage des Krümmungspfeiles, seine grösste Länge für vertikal und horizontal liegende Holzstücke, d. h. die diesen Krümmungspfeilen entsprechende rückwirkende und relative Grössen des Widerstandes.

Einige dieser Tafeln geben die, durch die Last hervorgebrachte, absolute Elasticität des Holzes, und zugleich den theoretischen Ausdruck des Gewichtes an, unter welchem das Stück anfangen müsste sich zu biegen, wenn es aufrecht belastet ist.

Die drei ersten Tafeln von Girard's Werke beziehen sich auf das Eichenholz, die vierte umfasst die zur Ermittelung des relativen Widerstandes der Tannenhölzer und ihrer absoluten Elasticität angestellten Versuche.

Die Tafeln 8 u. 9 bezeichnen die mittlere absolute Elasticität eines Kubikmeters Tannen- und Eichenholz; sie sind aus einer grossen Anzahl Versuche gezogen. Dis Resultat giebt das Verhältniss von 8161 zu 1778, was etwas geringer als das von Perronet angebene von 47 zu 63 ist. [132])

In demselben Werke des Ingenieurs Girard, welches unmöglich analysirt werden kann, findet man eben so neue als interessante Betrachtungen über den Widerstand der Hölzer, mittels welchen man die Abmessungen des Querschnittes, sey es nun für den absoluten Widerstand, oder was für die Solidität der Bauten mehr Werth hat, für die ersten Krümmungspfeile, an welche sich zu halten immer klug ist, — berechnen kann.

[132]) Da bereits die oben in der Note 130 angeführte Tafel Versuche über den Widerstand horizontal liegender eichener Balken angiebt, so fügen wir in der Tafel XII von den im Texte berührten verschiedenen, von Girard über die Festigkeit der Baumaterialien aufgestellten Tabellen nur diejenige an, welche dessen Versuche über den Widerstand vertikal stehender und oben belasteter Hölzer enthält: um so mehr, als in der am Ende dieser Vorlesung stehenden Note einige neueren Erfahrungen über die verschiedenen Arten der Festigkeit sowohl von Hölzern als von anderen Baumaterialien angeführt sind.

Um die Untersuchung der beim Bauen vorkommenden Materialien zu vervollständigen, bleibt mir noch übrig vom Eisen zu sprechen.

Vom Eisen.

Dieses Metall, das härteste und am meisten elastische unter allen Metallen, ist ohne Widerspruch in vieler Beziehung das nüzlichste; es ist zugleich das auf dem Ganzen Erdballe am häufigsten vorkommende. Frankreich, Deutschland sind damit im Überflusse versehen; aber es giebt kein Land in Europa, welches dasselbe in grösserer Menge und von besserer Art liefert als Schweden, sey es nun vermöge der Trefflichkeit seiner Bergwerke, oder vermöge der Sorgfalt, die man auf ihren Betrieb wendet.

Eines der Hauptkennzeichen des Eisens ist, dass es vom Mangnet angezogen wird. Sein Gewebe besteht aus kleinen faserigen Fäden und bisweilen aus kleinen Körnern. Es krystallisirt beim Erkalten zu auf einander gesezten Oktaedern. Durch das Zieheisen ist es dehnbar, jedoch sehr wenig durch das Streckwerk.

Die Naturforscher unterscheiden mancherlei Arten von Eisen. Ich werde mich nicht in diese, meinem Zwecke fremden Details einlassen, und dieses Metall blos in Beziehung auf die Eigenschaften untersuchen, die es mehr oder minder zur Aufführung der Gebäude geeignet machen.

Das Eisen ist durch die Wärme dehnbar; es fliesst bei 160° des Weedgewoot'schen, gleich 9280° des Reaumur'schen Thermometers.

Seine spezifische Schwere beträgt 7,600; allein dieselbe verändert sich je nachdem das Eisen mehr oder minder rein, und jenachdem es Guss- oder Schmiedeeisen ist.

Die Eigenschaften des reinen Eisens werden durch die verschiedenen Stoffe, welche mit ihm verbunden sind, modificirt und bisweilen vernichtet. Die wichtigsten Modifikationen in Beziehung auf Bauwerke sind folgende.

Erwärmtes und ohne Hämmerung wieder erkaltetes Eisen wird rauh und brüchig.

Schmiedeeisen ist biegsam und hämmerbar; es lässt sich mit der Feile, dem Grabstichel und Schmiedezeug bearbeiten. Im kalten Bruche ist es, wenn sein Gewebe faserig ist, von guter Beschaffenheit.

Wenn das Schmiedeeisen vollkommen gereinigt ist, darf es gar keinen fremden Stoff enthalten; allein man erhält es selten rein, welche Vorsicht man auch anwenden mag; es bleibt immer etwas Oxigen und Kohlenstoff zurück.

Das Eisen ist verbrennbar, beim Brennen desselben verbindet sich das Oxigen mit ihm, es beraubt dasselbe seiner übrigen metallischen Eigenschaften und erzeugt die Oxide von verschiedenen Farben, vom Schwarzen durch das Rothe und Gelbe bis ins Weisse übergehend.

Die verschiedenen Arten von Guss- und Schmiedeeisen und von Stahl entstehen nur aus den verschiedenen Mengen von Oxigen und Kohlenstoff, die mit dem Eisen verbunden sind; die Kunst bestimmt die nöthigen Mengen, aus deren Verbindung das Guss-, oder Schmiedeeisen und der Stahl hervorgehen.

Das Gusseisen entsteht aus dem Schmelzen des Erzes; durch das Hämmern verwaudelt man es in Schmiedeeisen. Hier wird es durch die Kohle auf's neue von einem Theil Oxigen befreit; das Gusseisen nimmt eine teigartige Konsistenz an, und durch die Schläge des Hammers geht es in den Zustand des geschmiedeten oder gereinigten Eisens über.

Der Stahl wird aus der Art Gusseisen gewonnen, welches graubrüchig heisst: es enthält den meisten Kohlenstoff. Wenn man mittels der Leuterung noch mehr Kohlenstoff zusezt, so erhält man den sogenannten deutschen oder natürlichen Stahl.

Geschieht diese Operation mit Eisenstangen, die, von Kohlenstaub umgeben, in einem Kasten eingeschlossen, einem sehr starken Feuer ausgesezt sind, so kann der auf diese Weise des Oxigens beraubte Kohlenstoff nicht brennen, er verbindet sich mit dem Eisen, welches das wird, was man Cementstahl nennt.

Diese beiden Stahlarten, mittels eines geeigneten Flusses gegossen, geben den Gussstahl.

Wenn man mehrere Platten, die einen von Eisen, die anderen von Stahl schmiedet, um sie zusammen zu schweissen, so entsteht daraus eine gemengte Substanz, welche man Zeug nennt.

Er verbindet die Härte und Elasticität des Stahles mit der Geschmeidigkeit des Eisens.

Man unterscheidet in den Künsten vier Klassen von Gusseisen, deren jede ihre besonderen Eigenthümlichkeiten hat.

1tens das weisbrüchige Gusseisen. Es enthält wenig Kohlenstoff. Sein Bruch ist silberweis. Es ist sehr hart und zerbrechlich; zu Gegenständen, welche einen heftigen Stoss aushalten müssen, ist es nicht anwendbar; aber es ist zum Feinmachen geeignet und verwandelt sich leichter als die übrigen in Schmiedeeisen.

2tens das graubrüchige Gusseisen. Es verdankt seine Beschaffenheit und seine bleiähnliche Farbe im Bruche einer grossen Dosis Kohlenstoff; es besizt einige Dehnbarkeit, die es dem Molybdän oder dem Graphit verdankt, welche es enthält; es besizt zugleich Zähigkeit. Diese Eigenschaften machen es zur Verfertigung von Geschüz tauglich. Es ist weniger zum Feinmachen geeignet als das weisbrüchige Gusseisen.

3tens das gemischtbrüchige Gusseisen. Es hält das Mittel zwischen den beiden vorhergehenden. Man fertigt daraus die Kugeln, Bomben und andere Gegenstände, die einen starken Widerstand erleiden müssen, wie die Rahmen und Gewölbsteine bei eisernen Brücken. Dieses Gusseisen ist das zur Umwandlung in Schmiedeeisen geeignetste.

4tens endlich, schwarzbrüchiges Gusseisen. Dieses enthält die allerstärkste Dosis Kohlenstoff. Es hat einen feinkörnigen Bruch, von etwas dunklerer Farbe, als das graubrüchige; es ist zart, aber nur von geringer Widerstands-Fähigkeit, und überhaupt zu Gusswaren wenig tauglich.

Die Qualität dieser verschiedenen Arten von Gusseisen lässt sich dadurch ermitteln, dass man das aus ihnen erzeugte Schmiedeeisen untersucht: ist dieses Eisen zart, hat es Zähigkeit, ist es warm und kalt streckbar, so wird das Gusseisen, aus welchem es gearbeitet worden, von vortrefflicher Qualität seyn; wenn aber im Gegentheile das Eisen kaltbrüchig ist, so hat das Gusseisen nicht die erforderlichen Eigenschaften, um es mit Erfolg zu Gusswaren, die zu grossen Bauarbeiten bestimmt sind, anwenden zu können. [133])

[133]) Nach Tredgold (man vergl. dessen Schrift *über die Stärke des Gusseisens* u. s. w., Leipzig bei Baumgärtner, 1826) »ist die beste und ge-

Man unterscheidet gleichfalls verschiedene Gattungen Schmiedeeisen hinsichtlich ihrer Eigenschaften.

1tens zartes Eisen. Es nimmt vermöge seiner trefflichen Eigenschaften den ersten Rang ein. Dieses Eisen ist warm und kalt streckbar, was es seiner grossen Zähigkeit verdankt. Sein Bruch zeigt, bei grossen Massen, bleiähnliche Farbe, wenig Faser und viel Korn; in kleinen Stücken erscheint es im Gegentheile ganz als Faser. Es ist zu grossen Schmiedearbeiten tauglich, besonders wenn es ausgeschweisst ist.

Dieses Verfahren, wodurch das Schmiedeeisen besonders verbessert wird, besteht darin, dass man, statt das Stück, welches man gar macht, auf einmal in eine Stange zu strecken, dasselbe in der Mitte trennt, auf ihm selbst verdoppelt, es nach seiner ganzen Ausdehnung zusammen schweisst, und dann die Muster-

wisseste Probe der Qualität von Gusseisen die, die Ecke mit einem Hammer zu prüfen; wenn der Hammer einen leichten Eindruck macht, so beweisst dis einigen Grad von Hämmerbarkeit und die gute Beschaffenheit des Biegens, vorausgesezt, dass es gleichförmig ist. Fliegen Splitter oder Stücke ab, und wird keine sichtbare Vertiefung hervorgebracht, so ist das Eisen zu hart und spröde.»

»Die grösste Sorgfalt sollte man darauf verwenden, das Eisen eines jeden einzelnen Gusses von so gleichförmiger Qualität zu machen, als möglich, weil das Zusammenziehen des Eisens von verschiedener Qualität verschieden ist.« —

»Da das Gusseisen, welches zur Unterstüzung von Lasten dient, im Falle es bricht, keine Anzeichen seines nahen Bruches giebt, so ist es nothwendig, demselben hinlängliche Stärke zu geben.«

Aus den unten folgenden Tafeln No. XIII und No. XIV kann die Last beurtheilt werden, welche sowohl vertikal stehende, als horizontal liegende Stäbe von Gusseisen, ehe sie brechen, zu tragen vermögen.

Tredgold's oben erwähnte Schrift enthält viele Versuche und praktische Regeln über die Festigkeit und den Gebrauch des Gusseisens.

Über den Guss selbst bemerkt Tredgold noch folgendes.

»Die Theile eines jeden Gusses sollen so viel als möglich von demselben Umfang erhalten werden, damit sie alle in gleichem Maasse abkühlen können.«

»Grosse Sorgfalt muss auch auf die Verhütung von Luftblasen im Gusse verwandt werden. Je mehr Zeit bis zur völligen Abkühlung aufgeht, desto besser ist es für die Stücke, weil sodann das Eisen um so zäher wird.« —

»Bei Bereitung der Formen für Gusseisen muss man etwa $\frac{1}{8}$ Zoll auf den Fuss zugeben, weil sich um so viel das Eisen beim Abkühlen zusammenzieht. Auch die Formen verlangen dieses; und sie müssen leicht abgestumpft seyn, damit sie sich leicht aus dem Sande heben lassen; ohne die Eindrücke zu beschädigen; etwa $\frac{1}{16}$ auf 6 Zoll ist zu diesem Zwecke hinlänglich.» —

stücke daraus macht, die zu dem beabsichtigten Gegenstande tauglich sind. Diese Arbeit, die man oft bei grossen Bauarbeiten zu machen genöthigt ist, weil man nicht immer im Handel Eisen von solchen Abmessungen im Querschnitte, dass sie zu den Bauten geeignet sind, findet, verursacht bisweilen einen Fehler, den man Doppellung nennt, von dem ich sogleich sprechen werde, und welcher daher rührt, dass das Zusammenschweissen nicht allenthalben Statt gefunden hat; allein ungeachtet dieses Nachtheiles, den man bei einiger Sorgfalt vermeiden kann, gewinnt das Eisen durch dieses Verfahren an Zähigkeit.

2tens kaltbrüchiges Eisen. Diese Art Eisen bricht gerne kalt, ohne Beihülfe des Schneidezeugs, es ist in der Wärme streckbar. In grosse und kleine Musterstücke gebrochen ist es silberweis, mit kleinen Spiegelflächen und zeigt keine nervigten Fasern. Diese Gattung Eisen hat mehr Härte aber weniger Zähigkeit als das zarte Eisen, es schweisst gerne zusammen.

3tens das warmbrüchige Eisen. Der Hauptcharakter dieser Eisengattung ist, dass sie sich nicht schweissen lässt; ausserdem hat es viel ähnliches mit der ersten Gattung; die Werkleute nennen es ungeeignet kupferiges Eisen; sie geben ihm auch den Namen rothbrüchiges Eisen, unter welchem es allgemeiner bekannt ist.

Die schlechte Qualität dieser beiden lezteren Arten Eisen rührt im Allgemeinen von der Beschaffenheit der Bergwerke her. Diese Fehler sind indessen aber auch bisweilen die Folge des schlechten Betriebes der lezteren oder eines schlechten Garmachens. Man würde diese Mängel durch eine grössere Sorgfalt und der Natur dieses Minerals mehr entsprechenden Verfahrungsweisen beseitigen.

Unter den Mängeln des Eisens, die von der Fabrikation herrühren, unterscheidet man hauptsächlich:

Die Doppellung. Dis ist eine Stelle, wo das Eisen nicht zusammengeschweisst ist, eine Leere.

Die Aschenadern. Dis sind fremde zwischen das Eisen gelagerte Stoffe. Dieser Fehler schadet der Solidität nicht, aber er verunzirt die Arbeiten.

Die Querrisse. Dis sind transversale Spalten, welche vom Hammer herrühren.

Die brüchigen Stellen. Dis sind kleine Doppellungen von geringer Ausdehnung, die auf der Oberfläche des Eisens vorkommen.

Die Querbrüche. Dis ist ein Fehler, der nach der Breite des Eisens Statt hat; es ist dis eine Unterbrechung des Zusammenhangs seiner Textur.

Es ist noch übrig, die Resultate jener Versuche anzugeben, welche angestellt worden sind, um die Zähigkeit oder den Widerstand zu bestimmen, welchen das Eisen durch seine Kohäsion einer Gewalt entgegen sezt, die dasselbe zu brechen strebt, indem sie es nach seiner Länge zieht.

Muschenbröck hat gesucht die Kohäsionskraft der Metalle kennen zu lernen; aber dieser Autor bemerkt dabei, dass die ausgezeichnete Qualität der zu den Versuchen verwendeten Metalle auf die Resultate Einfluss hatte. In der That findet man, dass ein Stück deutsches Eisen, dessen spezifisches Gewicht 7,8076 und dessen Dicke 0,10 rheinisch. Zoll beträgt, nach der Richtung seiner Länge gezogen, eine Kraft von 19,30 ℔ erforderte, um zu brechen; dis ist weit mehr als das mittlere Resultat der übrigen Versuche angiebt.

Buffon hat gleichfalls seine Untersuchungen auf diesen Gegenstand gerichtet. Das mittlere Resultat seiner Versuche mit Schmiedeeisen ist, dass ein Eisendrath von (0,002^{m}) einer Linie Durchmesser vor dem Bruche ein Gewicht von (242,3^{k}) 405,4 ℔ trägt.

Man hat an Schmiedeeisen von St. Gervais Buffon's und Muschenbröck's Versuche mit einer Vorrichtung wiederholt, welche der von jenen Physikern angewendeten ähnlich ist. Sie wurden mit Stücken aus Guss- und Schmiedeeisen von St. Gervais und mit Schmiedeeisen aus den Gewehrfabriken von Tulle und St. Etienne angestellt.

Das Resultat dieser lezteren Versuche ist, dass das Gusseisen bei weitem nicht die Zähigkeit des Schmiedeeisens hat: ein Stück von (0,009^{m}) 4 Linien Seite, trug nicht mehr als (808,67^{k}) 1650 Pfunde, während ein Stück geschmiedetes Eisen aus derselben Werkstätte von St. Gervais und von gleichen Dimensionen (5671,88^{k}) 11,587 Pfunde trug, ein Resultat, welches einen ausserordentlichen Unterschied zwischen der Widerstandsfähigkeit dieser beiden Eisengattungen darstellt.

Die Resultate der Versuche von St. Gervais mit geschmiedetem Eisen stimmen so ziemlich mit dennen Buffon's überein. Ein Stück Schmiedeeisen von St. Gervais, von ($0,002^m$) 1 Linie Seite trug ($242,3^k$) 581 Pfunde. Der angeführte Versuch Buffon's mit einem runden Eisendrath von 1 Linie Durchmesser, der 495 Pfunde trug, giebt ein fast gleiches Verhältniss des Widerstandes.

Unter den Versuchen von St. Gervais giebt das mit einem Stück Schmiedeeisen von ($0,009^m$) 4 Linien, welches ($5671,88^k$) 11587 Pfunde trug, ein mit demjenigen übereinstimmendes Resultat, welches in dem vortrefflichen Aide-Mémoire à l'usage des Officiers d'Artillerie betittelten Werke angegeben ist. Man sieht, dass der Bügel eines geschmiedeten Ringes, der ($0,009^m$) 4 Linien Seite hatte, ein Gewicht von ($5874,06^k$) 12000 Pfunde getragen hat.

Die Tafeln über die, auf die Versuche zu St. Gervais bezüglichen Beobachtungen sind in dem 2ten Theile des Werkes des Herrn Texier de Norbec, Divisions-Chef der Seetruppen eingerückt; es handelt von Untersuchungen über die Artillerie.

Wenn man die Resultate dieser Tafeln untersucht, erstaunt man über die Grösse, um die der Widerstand des Schmiedeeisens den des Gusseisens übersteigt; man erstaunt nicht minder über den grossen Unterschied der Widerstände geschmiedeter Eisenstücke unter sich, woraus hervorgeht, welch' grossen Einfluss das Garmachen auf die wesentliche Eigenthümlichkeit der Eisenarten hat.

Diese Beobachtungen beweisen, wie viele Sorgfalt und Vorsicht bei der Umwandlung des Gusseisens in Stabeisen nöthig ist, um dem Eisen in diesem lezterem Bestande die Homogenität zu verschaffen, aus welcher offenbar das Maximum des Widerstandes hervorgeht, welches zu erreichen von Wichtigkeit ist, wenn es sich von dessen Anwendung bei grossen Bauten handelt.

Wie sehr aber auch diese zahlreichen Versuche von einander abweichen mögen, die Übereinstimmung einiger derselben mit jenen von Buffon, und mit den in das Aide-Mémoire aufgenommenen gestattet, ohne Furcht, für ein zartes Eisen von guter Beschaffenheit ein mittleres Maass an Kraft und Widerstand von ($5834,55^k$ bis $5874,07^k$) 110 bis 120 Zentner für ein Stück von ($0,009^m$) 4 Linien Seite anzunehmen. Da nun aber gezeigt worden ist, dass der Widerstand jener festen Körper, die einer

parallel mit ihrer Länge wirkenden Kraft unterworfen sind, der Bruchfläche proportional ist, so wird es immer leicht seyn, nach dieser, auf das leztere Resultat angewendeten Regel das Gevierte der Stangen abzuleiten, welche bei Bauten einen bestimmten Widerstand zu leisten haben. *)

*) Ein neuerlich bei Courcier, Wittwe, unter dem Titel *Essai théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé*, von Hrn. Duleau, Ingenieur des ponts et chaussées erschienenes Werk, stellt wichtige Resultate für die Bau-Kunst auf, wobei das Eisen als ein wesentlicher hinzugehöriger Theil erscheint.

Dieses treffliche und gelehrte Werk, welches den Beifall der königlichen Akademie der Wissenschaften, so wie des General-Konseils des Brücken- und Strassenbaues erhalten hat, ist keiner Zergliederung fähig, um dasjenige, was in dem voranstehenden Kursus ohne Zweifel an den Notizen über das Eisen fehlt, zu ergänzen. Der Verfasser des Lezteren, konnte in dieser Hinsicht nur dasjenige liefern, was zur Zeit der ersten Ausgabe seiner Schrift der Stand der, über das Eisen, als Bestandtheil gewisser Arten von Bauten, erworbenen Kenntnisse darbot. In dem Werke des Hrn. Duleau muss man die Erscheinungen von Widerstand und Krümmung, denen das Eisen in seinen verschiedenen Lagen bei Konstruktionen unterworfen ist, so wie den Widerstand studieren, den es den Kräften entgegensezt, welche nach verschiedenen Richtungen auf dasselbe wirken.

Indessen wenn man sich darauf beschränkt, die Resultate der vierten Abtheilung zu untersuchen, in welcher der Verfasser die Geseze des Widerstandes aus vielen von verschiedenen Ingenieuren und Physikern vor ihm angestellten Versuchen folgert, sieht man ein, dass das mittlere Resultat des Widerstandes des nach seiner Länge gezogenen Schmiede-Eisens auf den Quadratmillimeter $44,8^k$ bei vierkantigem, und $45,7^k$ für rundes Eisen beträgt, was von dem in dem Texte angegebenen Resultate, welches aus den Versuchen im *Aide-Mémoire* gefolgert ist, abweicht; leztere geben fast einen doppelt so grossen Widerstand an, als das in den Tafeln pag. 70 und 71 des Duleau'schen Werkes enthaltene mittlere Resultat beträgt.

Man muss aber zu Gunsten der im Texte angeführten Resultate von Versuchen anführen, dass sie mit zartem Eisen von ausgezeichneter Qualität angestellt worden sind, während jene des Duleau'schen Werkes mit Eisen von verschiedener Beschaffenheit gemacht wurden, wie man aus den Unterschieden schliessen kann, die unter den einzelnen Resultaten des lezteren bestehen, wobei man wahrnimmt, dass der aus den Versuchen von Texier de Norbec gefolgerte Wiederstand 56,3, jener der zu Bakewelt angestellten 80,8, endlich der von Buffon 59,5 beträgt, während der grössere Theil der übrigen einzelnen Resultate noch geringer ist.

Da es aber für die Solidität der Bauten von Wichtigkeit ist, lieber unter als über diesen Resultaten zu bleiben, möge es sich auch in Hinsicht auf die wenige Übereinstimmuug unter den verschiedenen Resultaten verhalten wie

es wolle, so hält man dafür, dass es zuträglich sey, die in den Tafeln des Hrn. Duleau aufgestellten Resultate des mittleren Widerstandes, vor den im Texte angegebenen, den Vorzug zu geben. (Anmerk. des Verfassers.)

Zur Vervollständigung der in der vorstehenden Vorlesung über die Festigkeit der Baumaterialien, vorzüglich in Hinsicht auf Holz und Eisen enthaltenen Bemerkungen scheint es nöthig, auch einige neuere Erfahrungen aufzunehmen. Zuvor glauben wir aber über den Eisendrath, welcher in neuer Zeit auch beim Bau von Brücken in Anwendung gekommen ist, wenigstens das Nöthigste anführen zu müssen.

Die Eintheilung des Eisendrahtes in Hinsicht seiner Dicke geschieht fast überall nach Nummern, die gewöhnlich von 00000 anfangen und bis 26 fortgehen, und der Verkauf geschieht nach Ringen, die in der Regel 9 bis 10 ℔ wiegen.

Zu Drathbrücken wandten Dufour und Seguin Drähte von den Fabriknummern 14 und 18 an.

Guter Eisendrath muss eine hellgraue Bruchfläche und einen zackigen Bruch haben, er muss ungeglüht sich oft rechtwinklich hin und her biegen lassen, ohne bald zu brechen, auch darf er nicht aufreissen und sich nicht spalten. Hat der Drath ungleiche härtere und weichere Stellen, so ist das ein Beweis, dass er von schlechtem Eisen angefertigt ist. Er muss ausserdem vollkommen rund, glatt und nicht gestreift seyn.

Nach den Versuchen von Seguin und Dufour, ist die Festigkeit des ausgeglühten Eisendrahtes geringer, als die des unausgeglühten. So erfolgt auch die Ausdehnung des in der Richtung seiner Länge belasteten Eisendrahtes erst, wenn die angehängte Belastung $^2/_3$ der Kraft beträgt, welche den Drath zu zerreissen im Stande seyn würde.

Die Tafel No. XVII enthält die von Seguin über das Zerreissen des Eisendrahtes angestellten Versuche. —

Ausser den, über die Festigkeit der Baumaterialien angestellten Versuchen von Muschenbröck, Rondelet, Gauthey, Perronet, Buffon und Girard deren bereits im Texte, oben S. 189 u. f. Erwähnung geschah, haben in neuer Zeit Eytelwein, Wiebeking, Gerstner in Deutschland, Dupin, Seguin, Dufour in Frankreich, und Telford, Rennie, Brown, Tredgold in England Versuche über die Festigkeit der Bau-Materialen angestellt.

Den grössten Theil der älteren und neueren Versuche findet man, mit Ausnahme der in Deutschland angestellten, in Navier's bereits erwähnten: *Resumé des Leçons données à l'Ecole des Ponts et Chaussées*, (Paris chez Firmin Didot, 1826). —

Unter der Festigkeit versteht man die Kraft, mit welcher die Theile eines Körpers ihrer Trennung widerstehen. Je nachdem nun die Kraft, ein Zerreissen, Zerbrechen, oder Zerdrücken des Körpers bewirkt oder zu bewirken strebt, nennt man den entsprechenden Widerstand, die absolute, respektive oder rückwirkende Festigkeit.

Die absolute Festigkeit nimmt im geraden Verhältnisse mit dem Querschnitt des Körpers zu oder ab.

Die Tafeln I. II. XII. XIII. XV. XVII. und XVIII. geben die Grösse der absoluten Festigkeit für verschiedene Bau-Materialien an.

Soll nach denselben die Last bestimmt werden, welche ein Körper mit Sicherheit tragen kann, so darf man nur den dritten Theil desjenigen Gewichtes in Rechnung bringen, welches das Zerreissen bewirkt.

Die respektive oder relative Festigkeit eines Körpers verhält sich wie das Produkt der Breite, mit dem Quadrate der Höhe multiplizirt und mit der Länge dividirt.

Bezeichnet man die Breite eines Körpers mit b, dessen Höhe mit h und dessen Länge mit l, so nimmt die respektive Festigkeit des Körpers, wie sich leicht darthun lässt, in direktem Verhältnisse mit dem Werthe des Bruches

$$\frac{b\,h^2}{l}$$

zu oder ab. Drückt nun N den durch Versuche ausgemittelten Brechungs-Koeffizienten aus, so stellt die folgende Tafel für mehrere Arten der Befestigung eine Übersicht der Formeln für das Tragvermögen horizontal liegender Balken dar, deren Richtigkeit ohne Schwierigkeit gezeigt werden kann.

Art der Befestigung der horizontal liegenden Balken.	Die Last welche ihn im ersten Augenblick zerbricht,		Die Last, welche er mit Sicherheit tragen kann,	
	wenn jene am andern Ende wie bei 1, od. in der Mitte wie bei 2 u. 3 wirkt:	wenn jene auf dem Balken gleichförmig vertheilt ist:	wenn jene am andern Ende wie bei 1, od. in der Mitte wie bei 2 u. 3 wirkt:	wenn jene auf dem Balken gleichförmig vertheilt ist.
	Pfund	Pfund	Pfund	Pfund
1) Wenn der Balken mit seinem einen Ende fest eingemauert ist, so ist	$\frac{N\,b\,h^2}{l}$	$\frac{2\,N\,b\,h^2}{l}$	$\frac{N\,b\,h^2}{32\,l}$	$\frac{N\,b\,h^2}{16\,l}$
2) Wenn der Balken mit seinen beiden Enden frei aufliegt, so ist	$\frac{4\,N\,b\,h^2}{l}$	$\frac{8\,N\,b\,h^2}{l}$	$\frac{N\,b\,h^2}{8\,l}$	$\frac{N\,b\,h^2}{4\,l}$
3) Wenn der Balken mit seinen beiden Enden fest verspannt ist, so ist	$\frac{8\,N\,b\,h^2}{l}$	$\frac{16\,N\,b\,h^2}{l}$	$\frac{N\,b\,h^2}{4\,l}$	$\frac{N\,b\,h^2}{2\,l}$

Das Tragvermögen zweier Balken von gleichen Abmessungen verhält sich also für die drei verschiedenen Arten der Befestigung wie 1 : 4 : 6, es mag nun die Last blos in einem Punkt wirken oder auf dem ganzen Balken gleichförmig vertheilt seyn.

Nach den Versuchen von Eytelwein, (man vergl. dessen Statik II. Bd., S. 402) ist der Werth von N für

Kiefernholz	2878	Weisstanne	2737
Sommereichen	4006	Rothbuchen	4710
Steineichen	4109	Weissbuchen	3005
Rothtanne	2049	Erlenholz	3449

wobei zu bemerken ist, dass die Gewichte auf berliner Pfunde und die Längen auf rheinländische Zolle sich beziehen.

Die hieher noch gehörigen Tafeln, welche Erfahrungen über die respektive Festigkeit enthalten, sind die No. XI, XIV und XVI.

Für die sichere Belastung wurde in der dritten und vierten Kolonne nach Eytelwein nur der 32te Theil derjenigen Last in Rechnung gebracht, bei welchem der Balken bricht; von Langsdorf rechnet hiefür bei 45jähriger Dauer den 16ten und Navier den 10ten Theil. — Schmiedeeisen, welches nach seiner Quere durch eine Last gebogen wird, soll man nach Navier nur mit dem dritten Theil der Last, welche den Stab zerbrechen würde, beschweren. —

In vielen Fällen ist es wichtig, die Grösse der Biegung zu kennen, welche ein horizontal belasteterBalken erleidet. Für die unter der Eytelweinschen Voraussezung berechnete sichere Belastung ist die derselben im ersten Augenblick entsprechende Senkung nach diesem Autor (m. vergl. Eytelw. Stat. II. Bd., S. 406.):

bei Kiefernholz $= \frac{l^2}{20992\ h}$ bei Weisstannen $= \frac{l^2}{22656\ h}$

bei Sommereichen $= \frac{l^2}{18976\ h}$ bei Rothbuchen $= \frac{l^2}{15712\ h}$

bei Steineichen $= \frac{l^2}{18560\ h}$ bei Weissbuchen $= \frac{l^2}{20032\ h}$

bei Rothtannen $= \frac{l^2}{20768\ h}$ bei Erlenholz $= \frac{l^2}{17792\ h}$

wo h die Höhe und l die Länge des Balkens in jedem Längenmaasse ausgedrückt seyn können.

Noch ist zu bemerken, dass bei einerlei Balken die grössten Ordinaten der Biegungen sich verhalten wie die zugehörigen Belastungen.

Die neueren von Barlow, Ebbels und Tredgold über die respektive Festigkeit der Holzarten angestellten Versuche übergehen wir, da sie, als mit Holzstücken von 1 bis 2 Zoll Stärke angestellt, vor den Eytelwein'schen keinen Vorzug haben. —

Die rückwirkende Festigkeit eines Köɹpers verhält sich wie das Produkt der Breite, mit dem Kubus der Höhe multiplizirt und mit dem Quadrate der Länge dividirt, — oder allgemein wie

$$\frac{b\ h^3}{l^2}.$$

Nach den, in der I. Tafel enthaltenen Versuchen von Rondelet, Gauthey nnd Wiebeking bekamen Steine schon Sprünge, wenn sie mit der Hälfte desjenigen Gewichtes belastet wurden, das sie zu Zerdrücken im Stande war. Navier räth daher bei Ausführungen Steine nur mit dem 10ten, Hölzer mit dem 5ten und Gusseisen mit dem 4ten Theile derjenigen Last zu beschweren, welche diese Materialien zu zerdrücken vermag.

Nach Eytelwein giebt die Last, welche ein Stiel mit Sicherheit tragen kann, für

$$\text{Kiefernholz} = 48520 \frac{b\,h^3}{l^2},$$

$$\text{Eichenholz} = 61408 \frac{b\,h^3}{l^2},$$

wobei wieder nur der 32te Theil derjenigen Last gerechnet ist, welche den Stiel zu zerdrücken im Stande wäre.

Nach den Erfahrungen von Rennie ist die einen Würfel von 1 engl. Zoll Seite zerdrückende Last für

	Pfd. av. du poids.
englische Eichen	3860
Weisstannen	1928
amerikanische Fichten	1606
Ulme	1284

Die mittleren Resultate der von Rondelet mit vertikal stehenden und an ihrem oberen Ende belasteten Hölzern angestellten Erfahrungen enthält folgende Tafel. Dis Stücke hatten alle 1 Zoll ins Gevierte.

Art der Hölzer.	Länge der Stücke.	Last, welche den Bruch bewirkte.
	Zoll	Pfund
Eichen	1	6346
	12	5310
	24	2911
	36	2163
Tanne	1	7490
	12	6355
	24	3429
	36	2575

Rondelet schliesst aus diesen Erfahrungen folgendes. Nimmt man als Einheit die einen Würfel zu zerbrechende Kraft an, welche 44 ℔ per Quadratlinie des Querschnittes für Eichenholz, und 52 ℔ für Tannenholz beträgt, so ist die zum Zerbrechen eines Stückes nöthige Kraft, dessen Höhe 12mal der Dicke gleich ist $\frac{5}{8}$

24 $\frac{1}{2}$; 36 $\frac{1}{3}$; 48 $\frac{1}{6}$;
60 $\frac{1}{12}$; 72 $\frac{1}{24}$. —

Nach demselben Autor ist ein vertikal belastetes Stück Holz fähig gebogen zu werden, wenn dessen Länge das Gevierte 10mal übersteigt. —

Die rückwirkende Festigkeit des Schmiedeeisens giebt Rondelet zu 512 ℔

auf eine Quadratlinie an; die Stücke, mit welchen er die Versuche anstellte, waren Würfel von 6 bis 12 Linien Seite.

Duleau fand, dass eine schmiedeeiserne Stange von 11,8′ Länge und von 1,21 Zoll im Quadrate unter einer Last von 4400 ℔ sprang.

Die XIII. Tafel enthält noch die Resultate einiger von Rennie über die rückwirkende Festigkeit des Gusseisens angestellten Versuche, aus denen zugleich die Abnahme ersichtlich ist, welche bei dem Widerstand mit zunehmender Höhe der Würfel Statt hat.

Man hat auch über den Widerstand gegen Drehung Versuche angestellt. — Nach den von Dunlop mit cylinderischen Stäben von Gusseisen gemachten Versuchen, wobei die Kraft an einem 14′ — 2″ langen Hebel wirkte, zerbrach ein Stab von 3″ Länge, 2¾″ Durchmesser mit 700 ℔ und bei 6″ Länge, 4¼″ Durchmesser mit 2158 ℔, avoir du poids.

In den oben angeführten Schriften von Tredgold und Navier sind mehrere über den Widerstand gegen Drehung angestellte Erfahrungen enthalten. —

II. Abtheilung.

STRASSENBAU.

XI. Vorlesung.

Eintheilung der Strassen; Abmessungen; Profile der Strassen im Allgemeinen; Pflaster- und Stein-Strassen. —

Die Strassen verden nach dem Grade ihrer Wichtigkeit gewöhnlich in vier Klassen eingetheilt.

In jeder dieser Klassen haben sie verschiedene Breiten.

I. Klasse von 20^m (68′,5) Breite,

II. Klasse von 16^m (54′,8),

III. Klasse von 14^m bis 12^m (48′—41′),

IV. Klasse von 7^m bis 8^m (24′—27′,3). —

Die drei ersten Klassen begreifen die sogenannten Haupt-Strassen und die vierte Klasse die Vizinal-Wege. —

Diese Abmessungen waren ehemals festgesezt; später beschäftigte sich die Gesezgebung von neuem mit der Breite der Strassen, welche in diesem ersten Systeme offenbar zu beträchtlich war.

Ein Rath-Beschluss von 1776 bestimmt sie folgendermaassen:

I. Klasse 14^m (48′) Breite,

II. Klasse 12^m (41′),

III. Klasse 10^m (34′,2),

IV. Klasse 8^m (27′,3). —

Ich muss bemerken, dass diese Abmessungen für die Breite der Strassen der ersten Klasse zu schwach scheinen; allein jene der zweiten, dritten und vierten Klasse sind offenbar zureichend.

Die Bestimmung der Breite von den verschiedenen Bestandtheilen einer Strasse und ihre Verhältnisse zu einander, so wie sie am schicklichsten scheinen, machen den Gegenstand der folgenden Tafel aus. [1])

Klassen	Gräben	Fussbank	Fussbank	Ganze Breite ohne Gräben.
I	2m (6,8′)	6m 66 (23,8′)	6m 66 (23,8′)	20m (68,5′)
II	2 (6,8′)	3, 00 (1,02′)	6, 00 (20,5′)	12 (41′)
III	$1\frac{2}{3}$ (5,7′)	2, 00 (6,8′)	6, 00 (20,5′)	10 (34,2′)
IV	1 (3,4′)	1, 50 (5,1′)	5, 00 (17,0′)	8 (27,3′)

Die Strassen der ersten Klasse sind diejenigen, welche, von der Hauptstadt ausgehend, das französische Gebiet durchschneiden und ohne Unterbrechung mit den vorzüglichsten Städten fremder Länder kommuniziren.

Die der zweiten Klasse gehen vom Mittelpunkt des Königreiches aus und stossen auf einen Hauptort eines Departements.

Die Kommunikationen von Hauptort zu Hauptort, von einer grossen Gemeinde zu einer andern, und von dieser leztern zu einer Strasse erster Klasse, bilden die der dritten Klasse.

Endlich die vierte Klasse begreift die Wege von Dorf zu Dorf, welche gewöhnlich Vizinalwege genannt werden. —

[1]) Die Breite der Fahrbahn hängt von der Breite der Wagenspuren oder Geleise und von der Anzahl der sich begegnenden Fuhrwerke ab. Die Geleise-Breiten variiren in den meisten Ländern. In Bayern ist dieselbe 4,5 Fuss. —

Wegen der bei grossen Lastwägen über die Räder hervorstehenden Ladung macht man die Breite der Fahrbahn von Haupt-Strassen wenigstens viermal so gross, als die des Geleises, d. i. 18 Fuss und giebt jeder Fussbank eine Breite von 4′ oder, was dem Gebrauche besser zusagt, eine Breite von 5′. In Ebenen nnd in Thälern, wo das Grund-Eigenthum einen grossen Werth hat, sieht man öfters selbst die Hauptstrassen auf eine obere Breite von 26 Fuss beschränkt. —

Wo dis nicht der Fall ist, erhalten die Hauptstrassen in Bayern eine Breite von 30 Fuss: nemlich 20′ für die Fahrbahn und 5′ für jede Fussbank. — Die Vizinalstrassen werden dagegen mindestens 22′ breit gemacht, und zwar giebt man der Fahrbahn 16′ und jeder Fussbank wenigstens 3′ Breite. —

Es giebt verschiedene Strassenordnungen in derselben Klasse.

Die Ökonomie beim Abtrag der Strassen in Gebirgs-Gegenden und Lokal-Verhältnisse erheischen oft eine Verminderung der Breiten in den Profilen der beiden ersten Klassen; hieraus geht die Nothwendigkeit hervor, eine Strasse in verschiedene Ordnungen unterabzutheilen.

Die Bestandtheile einer Strasse sind: feste Fahrbahn in der Mitte; eine Fussbank von Erde auf jeder Seite; Böschungen im Abtrag oder im Auftrag, welche die Fussbank unterstüzen; endlich Gräben zum Abfluss der Gewässer.

Wenn Lokal-Verhältnisse gebieten, die Breite einer Strasse zu vermindern, so findet die Reduktion gewöhnlich an den Fussbänken und Gräben allein Statt; die Breite der Fahrbahn kann in allen Fällen nicht geringer, als 18 pariser Fuss, ungefähr 6 Meter seyn. [2])

Die Fahrbahn wird entweder mit Pflaster, oder mit Versteinung angelegt; dieser dem Fuhrwerk bestimmte Theil erfordert eine grosse Festigkeit; die Fussbänke bestehen aus Erde; sie sind besonders für den Reisenden zu Fuss bestimmt; in der schönen Jahreszeit bieten sie auch dem Fuhrwerke ein sanftes und hinlänglich festes Fahren dar; in dieser Beziehung dienen die Fussbänke zur Erhaltung der Fahrbahn, welche sie ergänzen. Sie werden durch die Böschungen im Auftrag unterstüzt, wenn die Strasse einen Damm bildet, oder durch die Böschung der Gräben, wenn sie im Abtrag, das heisst, wenn die obere Fläche der Strasse unter der Ebene des natürlichen Bodens vom Gelände liegt.

Die obere Fläche der Fahrbahn stellt fast immer eine konvexe, nach Erforderniss der angenommenen Konstruktions-Art, mehr oder weniger stark gekrümmte Oberfläche dar. Der Zweck dieser Krümmung ist, dem Regenwasser auf beiden Seiten der Strasse Abfluss zu verschaffen. [3]) Diese wesentliche Bedingung des

[2]) Der Pariser Fuss ist. = 0,m 3248 . . und der bayerische Fuss = 0,2918 . . . Meter; also ist der Meter in bayerischen Fussen = 3,4263 . . . —

[3]) Dieser Zweck wird offenbar besser erreicht, wenn man die Fahrbahn nach zwei, gegen die Fussbänke geneigten, geraden Linien anlegt, wie es auch gegenwärtig bei den neuesten Strassen-Anlagen zu geschehen pflegt. — Die Krümmung oder Wölbung hat durchaus keinen Vorzug; die Ungleichförmigkeit ihrer Neigung ist im Gegentheil entweder dem Wasser-Abfluss hinder-

Abflusses macht es nöthig, die Strasse soviel als möglich, höher als das natürliche Gelände zu halten; allein wenn dieses, was das Einfachste und gewöhnlich das Wohlfeilste ist, nicht Statt finden kann, so giebt man ihr dann mittelst der zwei Gräben die für den Abfluss des Regenwassers erforderliche Erhabenheit.

Die Rücksicht auf den leichten Abfluss des Wassers von der Fahrbahn erheischt, dass die Fussbänke gegen die Kante der Damm - oder Graben - Böschung geneigt angelegt werden. Diese Querneigung wird durch die Natur des Erdreiches und besonders durch die Neigung der Strasse nach ihrer Längenachse bestimmt; sie muss immer geringer, als die der Fussbank seyn, damit das Wasser nicht veranlasst werde, nach der Länge einer nicht horizontal angelegten Strasse herabzufliessen.

Es giebt manchmal Umstände, wo die Fahrbahn die ganze Breite der Strasse einnimmt; ein fester Grund und ein grosser Überfluss an Gerölle berechtigt zu dieser Konstruktions - Art einige mittäglichen Departemente und besonders England liefern hievon Beispiele.

Dis ist, summarisch, das gewöhnliche Querprofil einer Strasse; wir werden darauf zurückkommen, wenn wir ausführlicher von seiner Konstruktion handeln. —

Die Neben - Anstalten der Strassen und ihre Verschönerungen bestehen in Pflanzungen, Stundensteinen, Wegweisern; man legt auch darauf Brunnen und Tränken an.

Unter diesen Neben - Anstalten nehmen die Pflanzungen den ersten Rang ein. Sie verschönern die Strassen, gewähren im Sommer dem Reisenden Schatten und dienen ihm als Führer, theils in den, Überschwemmungen ausgesezten Ebenen, theils in

lich, oder dem Fuhrwerke nachtheilig, je nachdem die Krümmung schwach oder stark ist. Die Kante in der Mitte dieses Profiles wird abgerundet.

Hr. Baurath Umpfenbach hält diese Gestalt des Quer-Profiles einer Strasse gleichfalls für die zweckmässigste. Man vergl. dessen *Theorie des Neubaues, der Herstellung und Unterhaltung der Kunststrassen*, Berlin bei Rücker, 1830; Seite 120. —

Diese interessante Schrift kam uns erst zu Gesicht, als diese Übersezzung mit den Zusäzen schon im Manuscripte vollendet war. Mit Vergnügen fanden wir in derselben mehrere von uns in den Zusäzen behandelte Aufgaben. Wir haben daher da, wo es ohne zu grosse Weitläufigkeit thunlich war, Hrn. Umpfenbach's Ansicht jedesmal kurz beigefügt.

Gebirgs-Gegenden, wo die Strassen und die ihnen zur Seite liegenden Abgründe öfters unter dem Schnee verschwinden.

Bei dem grössern Theile der Strassen werden die Bäume auf den äussern Rand der Gräben gepflanzt; aber heut zu Tage ist es ziemlich allgemein anerkannt, dass es vortheilhafter sey, dieselben bei den Strassen erster Klasse auf den äussern Rand der Fussbank zu sezen; mit der zu ihrer Erhaltung nöthigen Sorgfalt gedeihen sie besser, als die auf den Feldern jenseits der Gräben gepflanzten, wo der Pflug des Landmannes sie gewöhnlich beschädigt; in dieser ersteren Stellung machen sie eine viel schönere Wirkung und verschaffen den Reisenden weit mehr Schatten.

Man soll zu diesen Pflanzungen diejenigen Baumarten wählen, welche sich für den Boden am besten eignen und ein nüzliches Holz hervorbringen, wie die Eiche, Esche, Ulme; insonderheit muss man die Obstbäume verwerfen; durch ihre Produkte sind sie Beschädigungen ausgesezt. [4])

Die alten Stundensteine sassen in Entfernungen von 1000 zu 1000 Klaftern (Toisen zu 6 Fuss); nach dem neuen Maasssysteme sind oder werden sie nach und nach durch kilometrische ersezt. Jedes Zehntel, grösser als die andern, bezeichnet einen Myriameter (34263 Fuss), eine als Maasseinheit für Strassen angenommene Benennung: sie begreift einen Raum von ungefähr $2\frac{1}{2}$ Stunden zu 2000 Klafter (12000 pariser Fuss). [5])

Diese Steine sind sehr nüzliche Merkzeichen, um die auf Unterhaltung der Strassen sich beziehenden Arbeiten zu bezeichnen; ausserdem haben sie den Vortheil, dem Reisenden den Weg anzuzeigen, welchen er zurück gelegt und den, welchen er noch zurück zu legen hat.

Nicht weniger nüzlich sind die Wegweiser; man soll an allen Punkten, wo sich eine Strasse mit einer andern vereinigt,

[4]) Diesem Ausspruche Sganzin's geradezu entgegen steht dasjenige, was zu Gunsten der Obstbaumpflanzungen an Strassen in des Freiherrn von Pechmann's *Anleitung zum Bau und zur Unterhaltung der Haupt- und Vizinalstrassen*, S. 126 — 131, namentlich in den §§. 160 und 167, dann in C. Arnd's *Strassen- und Wegebau*, S. 144 — 149 hierüber gesagt ist.

[5]) Ein Kilometer ist 1000 Meter und ein Myriameter ist 10000 Meter oder eine neue französische Meile. Eine bayerische Stunde beträgt 12703 Fuss, oder 3703,79 Meter. —

solche hinsezen: sie machen der Ungewissheit des Reisenden ein Ende und verhindern denselben, sich zu verirren, indem sie ihm die Richtung der Strasse anzeigen, welche er einhalten muss.

Zu diesen nüzlichen Nebenanstalten soll man noch, so oft sich Natur und Lokalität hiezu eignen, Brunnen und Tränken fügen; man legt diese Werke auf einem der Strassen-Ränder an. Diese Monumente sind Zeugnisse von der Sorgfalt der Regierung: die Römer haben uns hievon viele und grossartige Beispiele hinterlassen; wir sollen ihnen nachahmen, indem wir unseren Strassen nicht nur die nöthige Festigkeit geben, welche ihre Bestimmung erheischt, sondern indem wir ihnen auch die Verschönerungen und die Bequemlichkeit verschaffen, welche der öffentliche Nuzen anspricht. —

Nachdem ich die verschiedenen Theile, welche das Ganze einer Strasse umfassen, angezeigt habe, werde ich, bevor ich von der Art sie zu entwerfen spreche, die Details der Konstruktion auseinander sezen, in welche ich eingehen muss, und einige Erklärungen der, bei der Konstruktion der Strassen angenommenen Ausdrücke geben.

Man versteht unter Neigung oder Steigung den Abhang einer Geraden über oder unter einer Horizontalen, so wie der Ausdruck, die Neigung fällt und die Steigung steigt, es anzeigt. Allein um in den Entwürfen alles Zweideutige in dieser Beziehung zu vermeiden, ist man übereingekommen, die Neigungen und Steigungen von der Linken zur Rechten gehend zu bezeichnen. Die Tangente des Neigungs-Winkels in einem Kreise, der die Einheit zum Halbmesser hat, ist das Maass der Steigung oder Neigung; sowohl die eine, als die andere werden ganz oder absolut genannt, wenn sie im Verhältnisse zu einem Kreise betrachtet werden, dessen Halbmesser grösser, als die Einheit ist.

Abtrag ist das Ergebniss der Verrichtung, durch welche man den Theil des natürlichen Erdreiches hinwegnimmt, der sich über einer Linie des Entwurfes befindet.

Auftrag ist die Erdmasse, welche man auf den natürlichen Boden bringt, um ihm die, dem Entwurfe entsprechende, nöthige Erhabenheit zu geben.

Das Querprofil einer Strasse ist eine gebrochene Linie, welche von der Struktur der Strasse in allen ihren Theilen Rechenschaft giebt.

Um das Profil einer Strasse (Figur 1, Taf. I.) aufzuzeichnen, bildet man ein gleichschenkliches Dreieck, dessen Höhe zur Grund-Linie in dem Verhältnisse zu der Querneigung steht, welche man der Strasse für den Wasser-Abfluss geben will: in den gewöhnlicken Fällen ist dieses Verhältniss das Zwölftel der halben Strassen-Breite. Projektirt man alsdann auf die Seiten des Dreieckes die Breite der Fahrbahn, auf der Grundlinie gemessen, und zieht durch diese Punkte und die Spize des Dreieckes einen Kreisbogen, so wird dieser die Konvexität der Fahrbahn ausdrücken, und das was von den beiden Seiten des Dreieckes übrig bleibt, wird jede Fussbank bilden.

Um das Profil der Strasse zu vervollständigen, hat man nur noch an die Endpunkte der Figur die Böschungen des Auftrags anzuhängen, wenn es ein Damm ist, oder die Gräben, wenn die Strasse im Abtrag liegt.

Um aber nichts zu wünschen übrig zu lassen, muss dieses Profil ausserdem von der Dicke und Konstruktions-Art der Fahrbahn Rechenschaft geben. Der Körper, welcher sie bildet, ganz unabhängig vom Auf- und Abtrag, ist durchaus ein besonderes Werk der Kunst, hat seine eigne Struktur und hängt von keiner Erdumgrabung ab.

Dieser Körper wird auf zwei verschiedene Arten hergestellt: entweder mit Pflaster oder mit Versteinung.

Fahrbahn mit Pflaster.

Der Stein, welchen man vorzugsweise zu der Konstruktion dieser Gattung von Strassen verwendet, ist der harte Sandstein. [6])

Um einen gehörigen Widerstand darzubieten, soll, wie die Erfahrung gelehrt hat, der viereckig zugehauene Pflasterstein ungefähr 0,2^{m} (8 Duodezimal-Zoll) auf allen seinen Seiten haben.

[6]) Ausser dem hier genannten Sandsteine, welcher in der Nähe von Paris von besonderer Güte gebrochen und zum Pflaster dieser Hauptstadt verwendet wird, dürften selbst die härteren Sand-Steinarten den übrigen Steingattungen als Basalt, Granit, Gneiss, Porphyr, Kalkstein u. a. um somehr im Allgemeinen nachstehen, als diese, wie gewöhnlich der Gneiss und öfters der Kalkstein, aber nicht immer der Sandstein, in dünnen Platten und selbst in regelmässigen Prismen brechen. —

Er muss auf ein etwa 6 Zoll dickes Sand-Bett, das man Form nennt, normal auf die Krümmung der Fahrbahn, in geraden Reihen und mit überdeckten Fugen gesezt werden.[7] Die beiden äussersten Pflasterstein-Reihen nennt man Randsteine: ihre Abmesungen nach der Länge und Höhe sind stärker, als die der übrigen Pflastersteine, damit sie eines Theils, indem sie tiefer in die Form eingreifen, die Reihen befestigen und zusammenhalten, und andern Theils, innerhalb und abwechselnd in einen Verband mit den übrigen Pflastersteinen treten.

Wenn die Pflastersteine mit der nöthigen Vorsicht gesezt sind und — damit ihre obere Fläche dem Profile entspreche — jeder derselben, um die Festigkeit des Ganzen zu sichern, mit der Handramme stark angetrieben worden ist, so breitet man auf der Oberfläche der Fahrbahn eine Lage Sand von ungefähr 0,03m (ein Zoll) aus; diese Lage ist nöthig, um die Fugen ohne Hülfe einer fernern Handleistung zu sichern.

In dem durch einen Kreisbogen gebildeten Profile einer Strasse sind die Randsteine ihrer Lage nach der Theil dieser Fahrbahn, welcher am meisten Neigung hat.[8] Wenn daher eines der

[7]) Gewöhnlich werden bei Pflasterstrassen die einzelnen Pflastersteine so gesezt, dass sie gerade Reihen bilden, wo, wenn auch die Reihen selbst unter sich nicht gleiche Breite haben, dis doch wenigstens bei den Pflastersteinen in einer und derselben Reihe der Fall ist; wo also die Richtung dieser Reihen auf der Achse der Strasse senkrecht und die Fugen der Pflastersteine daher entweder parallel oder senkrecht zu dieser Achse sind. — Auf diese Art scheint auch Sganzin seine Pflastersteine gesezt haben zu wollen, indem er blos sagt, man müsse sie in geraden Reihen sezen; hiebei hat er aber, wie es gar nicht bezweifelt werden kann, das Pflaster von Paris als Muster vor Augen, welches, bekanntlich durchgängig in geraden, auf der Achse der Strasse senkrechten, Reihen gesezt ist.

Es ist aber besser, die paralleleu Reihen der Pflastersteine unter einem Winkel, von allenfalls 45 Grad, mit der Achse der Strasse anzulegen, damit durch diese Anordnung die Fugen der Steine von den über sie hinrollenden Rädern alle quer durchschnitten, und dadurch, dass die Räder die Fugen nach ihrer ganzen Länge nicht mehr berühren, die Pflastersteine nicht so leicht wie früher von einander getrennt werden, wodurch folglich die Dauerhaftigkeit des Pflasters selbst sehr vergrössert wird. Die Vortheile, welche auf diese Art hergestellte Pflaster gewähren, sind auch bereits anerkannt und man legt in mehreren der grösseren Städte am Rhein, z. B. in Carlsruhe, Darmstadt, Frankfurt, das Pflaster fast ausschliesslich auf diese Weise an.

[8]) Bei dem gradlinigen Profile findet dis nicht Statt; man vergleiche die Bemerkung N. 3. —

Wagenräder die Randsteine erreicht, so gleitet es ab und fällt auf die Fussbank, wo es ein Geleise bildet.

Nur unvollkommen wird diesem Übelstande abgeholfen, wenn man, von Entfernung zu Entfernung, so wie es einigemal geschah, die Randsteine in die Fussbank springen lässt. Dieses Mittel ist im Gegentheile eine neue Ursache zu Beschädigungen: eine Anschüttung von Kieselsteinen auf die in dem Profile (Fig. 2 u. 3, Taf. I.) angezeigte Art, welche sich gegen die Randsteine stüzt und in der Fussbank verliert, ist das Beste, was man in dieser Beziehung thun kann; allein um die Fussbank der gepflasterten Fahrbahnen völlig zu verwahren, muss man diesem Profile entsagen und dasjenige annehmen, welches man umgekehrtes (à revers) nennt, und von dem ich sprechen werde, wenn ich, — nach Beendigung dessen, was sich auf die Konstruktion der Fahrbahnen bezieht, — die Strassen in Hinsicht auf die Kunst, Entwürfe anzufertigen, betrachte. Dieses Profil hat die Eigenschaft die Wagenräder auf die Fahrbahn zurückzuführen, wenn jene, genöthigt sich von der Strassenachse abzuwenden, dieselbe verlassen haben.

Die Fahrbahnen sind gewöhnlich vor ihrem Eintritt in grosse Städte, sowie beim Durchgang durch Städte und Dörfer gepflastert. Diese Konstruktions-Art, gewöhnlich kostspieliger als die mit Versteinung, wird auch mit Vortheil in den, auf einem sumpfigen Boden liegenden Theilen der Strassen angewendet; und im Allgemeinen an den Orten, welche ihrer Natur nach dem Regenwasser wenig Abfluss gestatten und wo folglich die Fussbänke selten für die Fuhrwerke brauchbar sind. [9])

Fahrbahn mit Versteinung.

Diese zweite Konstruktions-Art (Fig. 4 u. 5, Taf. I) der Fahrbahn ist diejenige, welche am meisten im Gebrauch ist. Sie ist

[9]) Einer gepflasterten Strasse giebt man gewöhnlich weniger Wölbung, ja nur die Hälfte von der einer Strasse mit Versteinung. Die grössere Festigkeit, so wie der Umstand, dass Geleise auf jenen weniger leicht entstehen und also der Wasserabfluss nach den Rinnen zu um vieles erleichtert ist, rechtfertigen eine geringere Wölbung vollkommen; abgesehen davon, dass eine solche für das sichere und leichtere Fahren, sowie auch für die Strassen selbst, grosse Vortheile gewährt. —

aus mehreren, und zwar gewöhnlich aus drei Lagen gebildet. Man wendet hiezu den rauhen Bruchstein an, und behält den härtesten, besonders wenn er kieselartig ist, für die obere Lage zurück.

Die erste Lage, die man als das Fundament der Fahrbahn ansehen kann, muss, wenn die Form eine horizontale Ebene ist, ($0{,}24^m$) 9 (duodezimal) Zoll Dicke haben. Sie wird aus aufrecht stehenden Bruchsteinen ohne alle Ordnung gemacht; man trägt nur Sorge, keine Leeren zu lassen; die hervorstehenden Ecken der Bruchsteine dienen, diese erste Lage mit der zweiten zu verbinden. [10])

Diese erste, so vorbereitete Masse wird durch die zweite Lage, welche ungefähr $0{,}08^m$ (0,25′) Dicke hat, zugedeckt; hiezu verwendet man auf den Feldern zusammen gerafften Steinschotter oder Kies, wenn man sich solchen verschaffen kann. In Ermangelung dieser Materialien zerschlägt man Bruchsteine und reduzirt sie auf die gleichförmige Stärke eines 1 Zoll 5 Linien breiten Würfels, das heisst, ungefähr auf die Stärke einer Nuss; diese zweite Lage wird auf der ersten mittels der eisernen Schaufel gehörig ausgebreitet: sie muss eine gleichförmige Fläche darstellen und dem angenommenen Profile entsprechen.

Die dritte Lage, die gleichfalls $0{,}08^m$ oder ungefähr 3 (duodezimal) Zoll Dicke hat, besteht aus grobem Gerölle, oder was vorzuziehen ist, aus harten und kieseligen Steinen, welche sorgfältig mit dem Hammer auf der Fussbank zerschlagen und auf die Stärke eines Würfels von 1 Zoll oder 27 Millimeter Seite reduzirt werden. Sie wird über der zweiten Lage mittels eines Rechens mit eisernen Zähnen gehörig ausgebreitet.

Diese Masse von drei Lagen, aus welchen die Fahrbahn mit Versteinung besteht, ist auf ihren Rändern durch zwei Reihen von Randsteinen zusammen gehalten; allein die obere Fläche von diesen, statt, wie bei den Pflastersteinen, ganz sichtbar zu seyn, muss durch die sie bedeckende Versteinung verborgen werden:

[10]) Gewöhnlich wird die unterste Lage nicht, wie hier Sganzin sagt, ohne alle Ordnung gesezt, sondern die Steine werden, (man vergl. des Frhrn. v. Pechmann's *Strassenbau*, S. 61.) auf ihre schmale Kante reihenweise nebeneinander, und dicht aneinander so gesezt, dass sich die Fugen der verschiedenen Reihen überbinden. —

diese Randsteine zeigen also nur ihre Kante, welche, wenn die Versteinung vollendet ist, der einzige sichtbare Theil der Randsteine bleibt: diese Kante bildet eine, mit der Strassenachse parallele, gerade oder krumme Linie, welche die Fahrbahn von der Fussbank trennt. [11])

[11]) Die Erfahrung hat gelehrt, dass bei der geringen Dicke der dritten Lage Steine von der zweiten Lage durch das Fuhrwerk auf die Oberfläche gebracht werden; daher ist es besser, alle zerschlagenen Steine von gleicher Grösse und möglichst klein zu verwenden. — Bekanntlich schlägt Mac-Adam vor, die unterste Lage, welche gewöhnlich 6 — 9 Zoll stark angenommen wird, ganz wegzulassen und reduzirt selbst die Dicke der beiden oberen Lagen, auf den frequentesten Strassen und bei sehr hartem Material, als Basalt, Granit u. a. auf eine Höhe von zehn Duodezimal-Zoll; macht aber zur Bedingung, dass alle Steine gleich gross und möglichst klein (1 — $1\frac{1}{2}$ Zoll ins Gevierte) geschlagen werden. — Dagegen hält Herr Arnd (man sehe dessen *Strassen- und Wegebau*, Darmstadt 1827, Seite 112 — 122), der mit Wesermann, Cordier u. a. die ganze Dicke der Versteinung bei vorzüglichem Material von 10 Zoll für Hauptstrassen ebenfalls als hinreichend angiebt, das Kleinschlagen der unteren Lage von sechs Zoll Höhe für Verschwendung.

Im Allgemeinen dürfte es wohl schwer seyn, hierüber etwas bestimmen zu wollen, da die von dem Ingenieur in besondern Fällen gewählte Konstruktion hauptsächlich von der Güte der ihm zu Gebot stehenden Materialien und von der Lokalität abhängt. —

Auf hoch- und auf festem guten Boden liegenden Strassen kann ohne Nachtheil die Mac-Adam'sche Konstruktions-Art angewendet und die Höhe der, aus gleich gross geschlagenen Steinen bestehenden Fahrbahn, bei gutem Material, auf 8 Zoll reduzirt werden. Bei tiefliegenden Strecken und bei einem weichen lehmigen Boden ist es aber rathsam, die Fahrbahn mit einem wohl verbundenen und dicht gesezten Grundbau von 5 — 6 Zoll Höhe zu versehen, welcher mit einer 3 bis 4 Zoll dicken Lage klein geschlagener, harter Steine überschüttet wird.

In Bayern müssen nach den bestehenden Instruktionen sowohl die Haupt- als die Vizinal-Strassen mit einem Grundbau versehen werden; dieser wird bei den ersteren in der Mitte zehn Zoll und bei den lezteren sechs bis acht Zoll stark gemacht und die aus gleich grossen klein zerschlagenen Steinen bestehende Decklage erhält in der Mitte eine Dicke von sechs bis sieben Zoll im ersten und im zweiten Falle. — Die Kiesstrassen ohne Grundbau werden um 2 bis 3 Zoll stärker gemacht. —

Die Randsteine, die bei keiner Strasse fehlen dürfen, sind bei den Hauptstrassen 6 Zoll breit, reichen bis unter den Grundbau und stehen über demsel- 3 bis 5 Zoll hervor. —

Freiherr von Pechmann erklärt sich bestimmt und kräftig gegen die Mac-Adam'schen Strassen; man sehe dessen *Jahrbücher der Baukunst*, 1ter Band, 2tes Heft, Seite 231. —

Diese durch die Figur 5, Taf. I angezeigte Stellung der Randsteine bietet mehrere Vortheile dar. Sie hält die zweite und dritte Lage zusammen, mit denen sie sich verbindet, und durch den unter die Fussbank reichenden Vorsprung befestigt sie dieselbe gegen die Eindrücke der Wagenräder, die sie an diesem Theile zu beschädigen streben. [12])

Indem man die Eigenschaften und den Erfolg dieser Konstruktions-Art zergliedert, erkennt man, dass sie alle zu wünschende Festigkeit darbietet, wenn die Fahrbahn mit Sorgfalt hergestellt, und die Materialien, besonders die der beiden lezten Lagen, gut gewählt worden sind. In der That, die kleinen Steine, welche die dritte Lage ausmachen, vereinigen und vermischen sich durch das Fahren mit denen der zweiten. Die Trümmer der Oberfläche, die sich abnüzen, und deren Abfälle der Regen auflösst, bilden ein Cement, welches die Berührungspunkte vermehrt und nach und nach alle Zwischenräume ausfüllt. Es geht hieraus, nach einem gewissen Zeitverlauf, eine gleichartige, harte, auf ihrer Oberfläche gebundene Masse hervor, welche dem schwersten Fuhrwerke vollkommen widersteht. [13])

Wenn das Erdreich nicht von guter Qualität ist, so muss die erste Lage auf ein Bett von flachen Steinen oder Platten von 6 Zoll oder 0,16^{m} Dicke gesezt werden. [14])

[12]) Nur äusserst selten werden die Randsteine auf diese Weise gesezt, weil ihre sichtbare, scharfe Kante den Beschädigungen zu sehr unterworfen ist und dadurch der Hauptzweck der Liniensteine — nemlich die Lage der Strasse bleibend zu sichern und ihr bei künftiger Unterhaltung als Anhalts-Punkte zu dienen — sowie die einzige Zierde der Fahrbahn verloren geht. Man sezt daher bei Strassen mit Versteinung die Randsteine wie bei Pflasterstrassen und beachtet die geringe Mehr-Arbeit nicht, welche das Zurichten der sichtbaren oberen Fläche erfordert. —

[13]) Besonders fest wird die Fahrbahn, wenn man zur zweiten Lage harte Kalksteine und zur dritten Lage Quarz, Basalt, Granit oder sonst eine der härteren Steingattungen nehmen kann. Eine solche Fahrbahn bindet sich in zwei Monaten, bei mittelmässiger Frequenz und nicht zu trockener Witterung, vollkommen.

Werden Kalksteine unter Basalt, Quarz u. s. w. gemischt, um dadurch ein schnelleres Festwerden der Fahrbahn zu bewirken, so müssen jene möglichst hart seyn, widrigenfalls leicht Unebenheiten in der Oberfläche der Strasse entstehen.

[14]) Ausser den angeführten Konstruktions-Arten der Fahrbahnen giebt es noch 2 andere, nemlich: 1) die sogenannten gemischten Strassen und

Das Gelingen einer neu angelegten Strasse mit Grudbau hängt wesentlich von der Handarbeit und vorzüglich von der Sorgfalt ab, welche man auf die dritte Lage verwendet; eine

2) die Klinkerstrassen. — Unter gemischten Strassen (Chaussées mixtes) versteht man nemlich solche, auf denen die Wagenspuren oder Geleise von anderer Beschaffenheit sind, als der übrige Theil der Fahrbahn. Durch sie wird an Pflaster erspart, da dasselbe blos zu den Geleisen angewendet wird, indem der Rest aus Steinschotter oder Kies besteht; sie bieten noch einen andern Vortheil dar: das Pflaster ist sehr vortheilhaft für den Zug und die übrigen Materialien sind bequemer für die Füsse der Pferde. Diese Art Strassen halten das Mittel zwischen den gewöhnlichen Strassen und den Eisenbahnen. Von zweien in Frankreich gemachten Versuchen ist der eine, auf der Strasse von Cherbourg zwischen Nantes und Rosny, wegen der zu holperigten Sandsteine (grés trop raboteux), nicht ganz gut ausgefallen. Der andere auf der Strasse von Cellé nach Bougival, auf einer ziemlich steilen Steige, ist aber vollkommen gelungen. Diese Strassen gewähren auch eine grosse Ersparung an Kosten. Eine 6 Meter breite Fahrbahn, mit 4 Reihen Geleisen von grossen Sandsteinen kostet fast $\frac{1}{3}$ weniger, als wenn sie ganz gepflastert würde. Mehrere Profile dieser gemischten Fahrbahn findet man im III. Band des *Journales du Génie civil*, Paris 1829, pag. 322. Zwei davon haben wir in den Figuren a, b, c, d, auf der ersten Tafel dargestellt.

Auf der 6 Meter breiten Fahrbahn hat jeder der vier gepflasterten Streifen eine mittlere Breite von 75 Centimeter, da diese Streifen aus Steinreihen bestehen, welche abwechselnd 60 und 90 Centmeter lang sind.

Die gepflasterten Streifen, deren Steine Würfel von 20 Centimeter bilden, werden auf dieselbe Weise wie gewöhnliches Pflaster angelegt; die Pflastersteine ruhen auf einem 15 Centimeter hohen Sandlager; die Dicke der Kieslage zwischen den gepflasterten Reihen ist 30 Centimenter, also ungefähr ein Fuss.

In Mailand und in einigen kleinen, an der Strasse über den Gotthard liegenden Städten befinden sich 1′ breite Granitplatten, auf die Breite der Geleise von einander entfernt, im Pflaster angebracht. Das Pflaster zwischen und neben diesen Platten besteht aus kleinen Steinen. Es scheint, dass in Oberitalien diese Konstruktions-Art sichauch als gut bewährt hat, da die auf diese Weise angelegten Strassen sich gut erhalten haben und man fortfährt neue Strassen auf gleiche Art herzustellen. Die Wagen rollen mit Leichtigkeit und ohne Erschütterungen, wie auf einer Eisenbahn, über diesen Wegen hin. —

2. Die in Holland ziemlich allgemein eingeführten sogenannten Klinker-Strassen, welche aus Klinkern oder hart gebrannten Backsteinen erbaut werden, sind auf folgende Weise konstruirt: die Klinker werden auf ihre hohe Kante parallel und mit ihren langen Seiten, senkrecht auf die Achse der Strasse gestellt, indem vorher der Grund geebnet und mit einer, ein Fuss hohen gleich dicken Lage Sand überschüttet wird. — An jeder Seite der Fahrbahn wird eine Reihe Klinker, welche aus 4 Steinen besteht, so gesezt, dass ihre

stete Unterhaltung, rechtzeitige Überführungen und eine fortdauernde Sorgfalt für das Ausfüllen der Löcher und der entstehenden Geleise, so wie sie sich bilden mit Steinschotter, — sind ein unerlässliches Mittel für die Erhaltung dieser Art von Strassen. [15])

lange Seite mit der Achse der Strasse parallel läuft, und jeder Stein um $^1/_4$ Zoll niedriger steht, als der nächste, gegen die Mitte der Fahrbahn zu liegende. — Die vier Reihen Klinkersteine bilden zusammen eigentlich die Rand- oder Leistensteine der gewöhnlichen Strassen. Die Klinker, welche die Fahrbahn bilden, werden mit einer 3″ hohen Lage feinen Sand überdeckt, dagegen die Randsteine mit Rasen von derhelben Höhe. Die Klinker selbst haben eine Länge von $8^3/_4$″, eine Breite von $4^1/_4$″ und eine Höhe von 2″ und die Breite der Fahrbahn beträgt auf der zwischen Cleve und Nimwegen angelegten Strasse (die man ausführlicher in Crelle's *Journal der Baukunst* II. Band, 1tes Heft, Seite 1 berührt findet) 18′, und die der Fussbänke 6 Fuss. Die Randsteine zusammen sind auf jeder Seite 8 Zoll breit und die Rasen welche sie überdecken, haben eine Breite von $1^1/_2$, die Figuren e und f auf der ersten Tafel stellen das Quer-Profil und die obere Ansicht dieser Art Strassen dar.

Es muss noch bemerkt werden, dass auf den Klinkerstrassen kein schweres Frachtfuhrwerk geht, da in Holland schwere Lasten zu Wasser verführt werden. — Man vergleiche auch Wesermann's *Handbuch für Strassenbau-Beamte*, Seite 337 u. f. —

[15]) Die Fahrbahn jeder Steinstrasse soll im Frühjahre und im Herbste bei feuchter Witterung, nachdem von derselben aller Koth und Schlamm sauber abgezogen ist, mit einer so dicken Lage Kieses oder klein geschlagener Steine überschüttet werden, als erforderlich ist, um die durch die Abnüzung der Strasse verloren gegangene Höhe wieder ganz herzustellen. So lange die Wölbung der Strasse nicht verloren ist, begnügt man sich, blos die sich gebildet habenden Geleise mit Kies oder klein geschlagenen Steinen anzufüllen. Auch soll man im Sommer den Staub, der dem Reisenden eben so lästig als schädlich ist, öfters abziehen lassen.

Die Grösse der Abnüzung, welche von der Beschaffenheit des Materiales und der Frequenz der Strassen abhängt, lässt sich in jedem speziellen Falle nur durch Erfahrung ausmitteln.

Nach bewährten Erfahrungen beträgt bei wenig frequenten Strassen, nemlich bei solchen, welche täglich von nicht mehr als 30 Einspännern von 15 Zentnern Ladung befahren werden, das zur Unterhaltung nöthige Material-Quantum auf die 12 füssige Ruthe im Durchschnitt 7 Kubikfuss, was bei einer 18 Fuss breiten Fahrbahn einer Abnüzung von 0,466 Zoll entspricht. Bei frequenten Strassen, die von höchstens 60 und bei sehr frequenten Straseen, die von 90 Einspännern und darüber befahren werden, beträgt das zur Unterhaltung nöthige Material-Quantum im ersten Falle 14 Kubikfuss und im anderen Falle 21 C′ auf die Ruthe; die entsprechenden Abnüzungen

sind 0,933 und 1,399 Zoll. — Wollte man die angeführten Material-Quantitäten blos zur Ausfüllung der Spuren oder Geleise verwenden, so können mit 7 C' vier Geleise von 3 Zoll Breite und 4,2 Zoll Tiefe, mit 14 C' acht und mit 21 C' zwölf Geleise von gleichen Abmessungen ausgefüllt werden.

Wird diesen Angaben noch die Art und Qualität des Unterhaltungs-Materiales beigefügt, so erhellt, wie sich leicht die Abnüzung der Strassen oder ihr Bedarf an Unterhaltungs-Material nach der Beschaffenheit und Art von diesem, so wie nach der Frequenz der Strassen bestimmen und untereinander vergleichen lässt.

Es fehlt uns an den nöthigen Anhaltspunkten und Erfahrungen, um diese wichtige Frage allgemein und vollständig zu beantworten; wir begnügen uns, sie hier blos angedeutet zu haben, und bemerken nur noch, dass für die Frequenz ein mittleres Moment ausgemittelt werden muss, weil das leichtere Fuhrwerk sich gewöhnlich mit grosser und die schweren Frachtwägen dagegen sich mit kleiner Geschwindigkeit bewegen. Alles Fuhrwerk kann man auf Einspänner von 15 Zentner Ladung und von $3\frac{1}{2}$ Fuss Geschwindigkeit reduziren. —

XII. Vorlesung.

Betrachtungen über die Bildung der verschiedenen Profile einer Strasse in Bezug auf Lokalitäten; Strassen-Profile in ebenen Gegenden; Detail über alle ihre Theile; — Mulden für den Abfluss der Gewässer; — Schärpen. — Fahrbahnen; Gräben. —

Die Strassen müssen vorzüglich in Bezug auf ihre Lage in ebenen oder gebirgigen Gegenden betrachtet werden. Diese Lage bringt wesentliche Unterschiede in ihr Profil.

Ich muss vorläufig die Begriffe aufstellen und die Erklärungen geben, welche die Betrachtung der Lage der Strassen erheischt.

Die Leitlinie einer Strasse ist eine fingirte Linie, welche mit der Neigung die Lage der Strasse im Raume bestimmt. Die horizontale Projektion der Leitlinie ist das, was man Richtung (Alignement) nennt.

Die Richtung, in der beim Strassen- und Brückenbau angenommenen Bedeutung, ist die Projektion der Leitlinie, oder ein Theil der Leitlinie selbst, diese Linie mag gerade oder krumm seyn

Man muss eine Strasse ansehen, als sey sie durch die Bewegung ihres, mit sich selbst parallelen und auf der Richtung senkrechten Querprofiles erzeugt.

Der Grundplan einer Strasse stellt das von ihr eingenommene Terrain getreu dar. —

Der Riss der Strasse bildet eine besondere Zeichnung, welcher zur Bestimmung von Auf- und Abtrag des Entwurfes dient. Er ist die Ergänzung des Grundplanes.

Von den Strassen in ebenen Gegenden.

In einer ebenen Gegend sind die Haupt-Richtungen gewöhn- in gerader Linie und gestatten nur leichte Neigungen.

Die Längen-Neigungen bestimmen sich nach dem Grundsaze der Ausgleichung des Auf- und Abtrags, indem man überdis das rechte Mittel zwischen den zu starken und zu schwachen Neigungen beobachtet.

Die horizontalen Strecken sind vorzüglich für die Strassen mit Versteinung zu vermeiden. Dieses Prinzip beruht darauf, dass man bei Anlage einer horizontalen Strasse genöthigt ist, die Querneigung wegen des Abflusses der Gewässer zu verstärken, was für das Fuhrwerk unbequem und selbst gefährlich ist. [16])

[16]) Nach dem weiter unten angegebenen Maximum von $^1/_{18}$ für die Längen-Neigung und von $^1/_{12}$ für die Querneigung ist im Allgemeinen diese immer grösser, als jene; es ist also nicht nöthig, wegen der Querneigung horizontale Strassenstrecken, welche offenbar, unter übrigens gleichen Umständen, für das Fuhrwerk die vortheilhafteste Lage haben, zu vermeiden. — Nur Beförderung des Wasser-Abflusses in den Gräben und vorzüglich in den Rinnen können eine Abweichung von der, ohne besondern Kosten-Aufwand anzulegenden, horizontalen Lage rechtfertigen; wenn die Vermehrung, entweder des Grabengefälles, oder der Anzahl der Durchlässe, der Lokalität oder Ersparung wegen, unterbleiben muss. —

Soll die Längenneigung den Abfluss des Wassers in den Geleisen nach der Länge der Strasse bewirken, so muss jene, wie auf allen geneigten Strassen bemerkt werden kann, dem Maximum der Steigung sehr nahe kommen. Durch eine schwache Neigung wird dieser Zweck daher durchaus nicht erreicht. —

Auch Herr Baurath Umpfenbach ist mit Sganzin u. m. A. der Meinung, dass eine Strasse mit sanften Neigungen, welche abwechselnd steigen und fallen, ganz horizontalen Strassen vorzuziehen sey und sucht es wie die Engländer — was Dupin in seinen Reisen nach Grossbritanien als ein ziemlich allgemein verbreitetes Vorurtheil anführt — dadurch zu rechtfertigen, dass die Pferde auf wellenförmig angelegten Strassen weniger ermüden, als auf wagrechten und die ersten weniger feucht sind, als die lezteren.

Herr Umpfenbach bemerkt selbst in seiner *Theorie der Kunststrassen*, Seite 31 u. f., dass, wenn die Strassen gehörig abtrocknen sollen, ihr Gefälle auf die zwölffüssige Ruthe — (wie wir oben bereits angeführt haben) — wenigstens 5 bis 6 Zoll betragen müsse, welche Neigungen aber für jene Strassen zu stark sind, wo es nicht gerade Absicht ist, zu steigen. Bei einem Gefälle von $^3/_4$ bis 1 Zoll auf die Ruthe trocknen nach Hrn. Umpfenbach's Versiche-

Die Grenzen der Längen - Neigungen für die Strecken in Ebenen dürfen nicht $\frac{1}{18}$ oder 0.055 auf den Meter (4 Zoll auf die Klafter) überschreiten. Diese Neigungen werden gewöhnlich durch die Gestalt des Geländes geboten, dessen Unebenheiten nöthigen, mit der Strasse zu steigen, zu fallen, und wieder anzusteigen.

Eine Steigung, welche unmittelbar einer Neigung folgt, nennt man Gegenneigung; und im Falle nach einer Steigung eine Neigung kommt, heisst sie eine Gegensteigung. Der erste Fall verursacht eine hohle Einbiegung, der zweite eine Kante. Man rundet sie durch Kurven, die eine konkav, die andere konvex, ab.

Die durch den Übergang einer Neigung in eine Steigung gebildete hohle Einbiegung, welche das, nach der Länge der Strasse, desto reichlicher herabfliessende Wasser aufnimmt, je nachdem die Neigung lang und nachdrücklich ist, macht es nöthig, an diesem Theile ein Bauwerk anzulegen, um die Strasse von diesen Gewässern zu befreien. Dieses Werk heisst Mulde.

Die Breite der Mulde richtet sich nach dem Wasser - Volumen, dem sie den Abfluss verschaffen soll.

Man giebt ihr 3 bis 6 Meter (10′ — 20′) Weite und $\frac{1}{18}$ Höhe: sie muss gepflastert werden.

Wenn die Mulde auf einem Damme im Auftrag liegt und wenn der Fall beträchtlich ist, so bekleidet man die Böschung mit trockenem Mauerwerk; manchmal erbaut man auch eine Fallmauer.

Jede Mulde erfordert thalabwärts einen Graben, um den Gewässern Abfluss zu verschaffen, wenn das Haupt der Ausmün-

rung die Strasse schon so ziemlich ab, wesshalb man in flachen Gegenden mindestens dieses Gefälle geben sollte.

Aus den oben angeführten Gründen können wir dieser Ansicht nicht nur nicht beipflichten, sondern wir finden in derselben vielmehr noch eine Bekräftigung für die im Anfange dieser Bemerkung aufgestellte Behauptung. —

Bei den englischen Strassen wird übrigens die wellenförmige Lage derselben vorzüglich dadurch gerechtfertigt, dass die Fussbänke — was Dupin nicht anführt — gewöhnlich höher liegen, als die Fahrbahn; also das Regen-Wasser nach der Länge der lezteren abfliessen und demnach unter den Fusswegen vertikal abwärts durch Röhren in die Durchlässe geleitet werden muss. — Einige englische Strassen - Profile findet man in Strickland's weiter unten erwähnten Reports. —

dung nicht im Auftrag liegt; in lezterem Falle wird die Bekleidung des Dammes entbehrlich.

Die Mulden bedürfen vieler Ausbesserungen. Im Winter sind sie wegen des Eises gefährlich; desshalb ist es besser, sie durch Durchlässe zu ersezen, wenn es die Örtlichkeit erlaubt.

Ausser diesen auf der Strassenrichtung senkrechten Mulden giebt es noch grathartig gebrochene und schiefe Mulden. Die grathartigen Mulden finden ihre Anwendung auf starken Neigungen, um den Abfluss links und rechts von der Strasse zu bewirken.

Die grathartig gebrochene Mulde soll auf Strassen der schiefen Mulde vorgezogen werden, weil bei der ersten Anordnung die Wagenräder, um durch die Mulde zu gehen, weniger erschüttert werden, als bei der zweiten.

Die schiefen Mulden sind besonders für Gebirgsstrassen bestimmt.

Die Nothwendigkeit, das Regenwasser von den Strassen zu entfernen, und es zu verhindern diejenigen, deren Neigungen lange und etwas stark sind, zu beschädigen, liess andere Werke, als die Mulden, jedoch von derselben Gattung, entstehen; dieses sind die Schärpen (écharpes).[17] Diese Werke sind eine Art Querbänder (Gurten) von rauhen und manchmal von Pflaster-Steinen, welche die Fussbänke quer durchschneiden und deren Verlängerung gegen die Strassen-Achse mit dieser einen Winkel von 100 bis 120° bildet, dessen Scheitel gegen den Anfang der Neigung liegt. Diese Schärpen werden als Erhaltungs-Mittel für die Fussbänke auf denjenigen Strassen angewendet, deren Neigung stark ist und die Grenze von $1/_{18}$ auf den Meter übersteigt; da man aber erkannt hat, dass sie Gelegenheit zu Beschädigungen geben, — wegen der Gewässer, welche auf den Fussbänken einen Wildbach bilden, indem sie längs diesen Schärpen herablaufen und besonders wegen des Stosses, den diese Werke den Wagenrädern verursachen, wenn sie über die Fussbänke gehen, — so hat man schon seit längerer Zeit die Schärpen ganz aufgegeben.

[17]) Für écharpe haben wir im Deutschen keinen technischen Ausdruck. — Wir glauben dem Beispiele der Franzosen folgen und écharpe im Deutschen gleichfalls durch einen bildlichen Ausdruck geben zu dürfen: haben wir doch schon viele ähnliche technische Benennungen, und zum Glücke spielen die Schärpen keine grosse Rolle in der Strassenbaukunde.

Das Maximum der den Fussbänken zu gebenden Querneigung ist $^1/_{12}$ von der Breite, so wie wir es auf dem Profile des Aufrisses (fig. 3, Taf. I.) angenommen haben. Das Minimum, welches für sandige Erde Statt findet, ist $^1/_{24}$.

In den alten Strassen-Profilen war die Form oder die Sohle der Einbettung eine horizontale Linie; heut zu Tag ist sie ein mit der Strassen-Oberfläche koncentrischer Kreisbogen. Die Erfahrung hat die Vortheile dieser Abweichung bestättigt, welche ohne Nachtheil die alte Dicke der Versteinung vermindert.

Die neue gleichförmige Dicke des ganzen Körpers der Versteinung ist 0,40^m (1,3′) oder 15 pariser Zoll, statt 0,60^m (2′), welches das Resultat der alten Methode unter denselben Umständen war.

Die Quer-Profile (Fig. 1, 2 und 4, Tafel I) sind die, welche man gewöhnlich für die Strassen in ebenen Gegenden anwendet, indem man für die Fahrbahn diejenige Konstruktions-Art annimmt, welche die Lokalitäten erheischen; allein wie ich schon angezeigt habe, gibt es ein anderes Profil, das man mit Vortheil in ebenen und in gebirgigen Gegenden anwenden kann, und welches das Eigenthümliche hat, die Wagenräder auf die Fahrbahn zurückzuführen; dieses Profil ist das umgekehrte. (Fig. 6, Taf. I.)

In diesem Profile neigen sich die Fussbänke in entgegengeseztem Sinne zu der Fahrbahn; es ist offenbar, dass es nur bei gepflasterten Strassen Anwendung finden kann; es bildet zwei Rinnen längs der Fahrbahn und dieser Umstand überhebt Gräben anzulegen. Dasselbe kann auf Hügeln von geringer Höhe angewendet werden, welche schwache Neigungen darbieten, die Fortsezung der Richtung nicht verhindern, und von dieser durchschnitten werden, ohne dass man genöthigt ist, sich zur Umgehung des Rückens, seitwärts abzuwenden, damit hiedurch bedeutende Abträge vermieden und zu gleicher Zeit eine grössere Entwickelung erhalten werde.

Die Fussbänke, welche in den Strassen erster Klasse zusammen $^2/_3$ von der Strasse einnehmen, müssen bei denen der niedrigeren Klassen reduzirt werden.

Wenn man sich entschliesst, auf einem Boden von Gerölle die Fussbänke wegzulassen, um nur eine Fahrbahn zu haben, welche die ganze Strasse einnimmt, so muss man die Böschungen der Gräben und des Auftrags mit Steinen bekleiden.

In diesem Falle ist es unvermeidlich, von Entfernung zu Entfernung ausserhalb der Strasse Pläze für die Niederlage der Vorräthe aufzubewahren. — Auf starken Neigungen muss man immer die Fussbänke beibehalten; die Gründe für diese Nothwendigkeit entspringen daraus, dass die Fuhrleute vorzugsweise auf den Fussbänken sperren, und dass es besser ist, diese durch die herabgehenden Wagen durchfurchen zu lassen, als die Strasse, bei welcher eine so mächtige Ursache der Verwüstung, wie die Wirkung der Reibung eines gehemmten Rades bei sehr beladenen Wagen ist, nothwendig entfernt werden muss. —

Sobald man die Strasse einen halben Meter (1,66 Fuss) über das natürliche Gelände erhebt, hat man nicht nöthig, Gräben anzulegen. Diese Anordnung ist unter manchen Beziehungen vortheilhaft; allein es ist einleuchtend, dass in diesem Falle den Gewässern der Bäche, welche die Strasse durchschneiden, Abfluss verschaft werden muss.

Ein Durchlass genügt manchmal; er muss wenigstens $0{,}48^m$ (1,6′) im Lichten weit seyn, damit ein Mensch durchkriechen kann. Reicht ein Durchlass für den freien Abfluss der Gewässer nicht hin, so erbaut man eine Brücke. —

Eine Strasse, welche quer durch einen Sumpf geht, oder im Allgemeinen, welche auf einem Boden von geringer Festigkeit liegt, muss auf einen Rost oder auf ein Faschinat gelegt werden.

Holland liefert Beispiele einer ähnlichen Konstruktion auf Faschinat. Ich kann den Deich von Paten anführen; daselbst ist eine Faschinen-Masse unter dem Auftrag angelegt, welche auf einem sumpfigen Boden ruht. Die Erbauung des alten Deiches, mit welchem sich der neue verbindet, fällt in eine ziemlich entfernte Epoche; der diesem Deiche als Fundament dienende Rost von Faschinat hat sich vollkommen gut erhalten.

Diese ausserordentlichen Mittel der Konstruktion sind für Strassen, welche auf schlechtem Grunde erbaut werden, äusserst kostspielig; man nimmt nur dann zu denselben seine Zuflucht, wenn die Umstände ihre Anwendung durchaus erheischen. [18]

[18]) Da ein Faschinat, welches nicht immer unter Wasser bleibt, wie jeder Holzbau, bekanntlich der Vergänglichkeit unterworfen ist, so dürfte in dem angeführten Falle der Hauptstrassenkörper, um jede spätere unausbleibliche Senkung zu vermeiden, nicht auf einen Faschinenbau gesezt, sondern nur zu beiden Seiten am Fusse der Strassen-Böschung mit Faschinen-Banketen ein-

XIII. Vorlesung.

Profile der Strassen in Gebirgs-Gegenden, und erste Betrachtung über den Zug dieser Gattung Strassen; Bestimmung und Berechnung der vortheilhaftesten Lage der Mulden in Gebirgs-Gegenden; ökonomische, kommerzielle, militärische Betrachtungen über den vortheilhaftesten Zug eines Strassen-Entwurfes. — Bestimmung des Zuges der geraden Richtungen. — Vereinigung der geraden Richtungen durch Kurven.

Strassen in Gebirgs-Gegenden.

Das Profil und die Bestimmung des Zuges dieser Strassen bieten viele Schwierigkeiten dar, wenn gleichzeitig den Bedingungen für Ökonomie, Festigkeit und für Erleichterung des Fuhrwerkes ensprochen werden soll.

Erst in unsern Tagen wurde die Kunst, diese Art Strassenzüge anzulegen, vervollkommnet.

Auf einer Gebirgshänge, theils im Abtrag, theils im Auftrag liegend, werden sie gewöhnlich auf einer Breite von 10^{m} (34,'2) und unter manchen Umständen selbst auf eine Breite von 8 Meter (27,'3) reduzirt. —

geschlossen werden. Man macht diese Bankete an der Krone gewöhnlich 12 Fuss breit und gibt der äusseren Böschung eines jeden Bankets eine zweifüssige und der inneren eine halbfüssige Anlage. — Die der Erdmasse zugekehrte Seite des Faschinenbankets muss senkrecht seyn, damit sich der Damm sezen kann, ohne das Faschinenbanket niederzudrücken, indem durch lezteres die äusseren Enden der Faschinen in die Höhe steigen würden.

Die zu langen Entwickelungen sind zu vermeiden, wenn die Richtung des Gebirges nicht jene der Strasse hat: sie verlängern den Weg mit reinem Verlust; in diesem Falle hält man die Neigungen etwas stark, ohne jedoch die Grenze vom $1/7$ auf den Meter, welches einer Neigung von ungefähr 5 Zoll auf die Klafter entspricht, zu überschreiten.

Allein wenn der Abhang in einer parallelen Richtung mit der Strasse liegt, so kann man sich ohne Nachtheil sanfte Neigungen erlauben.

Bei der auf der Hänge eines Gebirges angelegten Strasse ist ihr Profil nicht mehr das nemliche, als das einer Strasse in der Ebene; es geht in eine einzige gerade Linie über und man gibt ihm eine, gegen den Fuss des Abtrags oder Bergeinschnittes geneigte Lage. Diese Anordnung ist unvermeidlich, damit das Profil gleichzeitig den Abfluss des Regenwassers befördere, welches man von dem äussern, gewöhnlich im Auftrag befindlichen Strassenrande entfernen und in die am Fusse des Einschnittes angelegten Gräben oder Rinnen leiten muss.

Dieses Profil (fig. 7, Taf. I.), welches umgekehrtes Profil (profil en revers) [19]) heisst, besteht wie das der Strassen in Ebenen, in der Mitte aus einer Fahrbahn, die von zwei Fussbänken eingeschlossen wird, aus einer Böschung im Auftrag auf der äussern Seite, und endlich aus einem Graben oder aus einer Rinne. Die Konstruktion der Fahrbahn mit Versteinung unterscheidet sich von jener in Ebenen nur dadurch, dass die Sohle, statt ein convexer Bogen zu seyn, eine gerade Linie, und die Oberfläche der Fahrbahn gleichfalls eine, mit jener Sohle parallele, gerade Linie ist. Die Handarbeit für das Sezen der Randsteine und für die Herstellung der drei, die Fahrbahn bildenden Lagen ist dieselbe, wie für die gekrümmten Fahrbahnen. —

Wenn durch vortheilhafte Lokal-Verhältnisse die Leitlinie einer Strasse Tangente zur Ebene des Gebirg-Abhanges seyn

[19]) Mit *profil en revers* bezeichnet Sganzin sowohl das Profil No. 6 als das No. 7, Taf. 1, obgleich beide wesentlich von einander verschieden sind. Im Deutschen hat man, so viel wenigstens uns bekannt ist, für diese Profile keine eigenen Namen; daher haben wir en revers mit umgekehrt übersezt, obgleich dieses Wort nicht genau das ausdrückt, was in dem französischen en revers liegt. Ohne Umschreibung ist es aber schwer einen passenden Ausdruck hiefür anzugeben. —

kann, — welches in Bezug auf den Aufwand der vortheilhafteste Fall ist, — so liegt die eine Hälfte der Strasse im Abtrag und die andere im Auftrag. Wenn man aber genöthigt wird, die Leitlinie, parallel mit der steigenden Ebene des Strassenzuges, in die Gebirgsmasse eintreten zu lassen, um dadurch zu vermeiden, dass der Theil der Strasse im Auftrag auf einen zu starken Abhang gelegt werde, oder wenn dis in Folge der Berichtigungen eines früher bestimmten Zuges geschieht, dann übertrifft der Abtrag den Auftrag.

Unter solchen Umständen wendet man mit Nuzen den Überschuss des Abtrags zur Bildung eines Bankets auf der im Auftrag liegenden Fussbank an. Dieses Banket dient als Schuzwehr, um die Wagen vor einem Sturze in den äussern Abgrund der Strasse zu bewahren, und als nüzlicher Fussweg für den zu Fusse Reisenden.

Das Maximum des Abtrags hat Statt, wenn die ganze Breite des Strassen-Profiles in das Gebirg eintritt: in diesem Falle vermindert man den Abtrag, indem man die Breite der Fussbänke reducirt oder sie manchmal ganz weglässt.

In diesem lezten Falle, — welcher gewöhnlich nur dann Statt findet, wenn man, zuvor genöthigt, nach einer falschen (fausse) Richtung anzusteigen, den Abhang plözlich verlässt, um den Rücken zu erreichen und auf der obersten Fläche des Gebirges wieder eine günstige Richtung anzunehmen, — kann das umgekehrte Profil nicht mehr Statt finden: man nimmt wieder das der gekrümmten Fahrbahn an und es sind zwei Gräben nöthig. Ihre Böschungen werden bekleidet, und wenn die Einschnitte des Abtrags tief sind, so bildet man daselbt Bankete von 1 bis 2 Meter ($3\frac{1}{2}'$ bis $7'$) Breite.

Wenn, um den Scheitel des Berg-Rückens zu erreichen, die Strassenlänge in dieser gezwungenen Lage nur wenig beträchtlich ist, so kann man manchmal ohne Nachtheil das umgekehrte Profil fortsezen und die Fahrbahn wird geradlinig; in diesem Falle macht man nur einen Graben; aber es ist nöthig Mulden anzulegen, um die Gewässer von der Böschung im Auftrag zu entfernen und sie in den Graben zu führen.

Um die Masse des Auftrags noch mehr zu vermindern, lässt man manchmal die Gräben weg und legt eine hohle (creuse) Fahrbahn an, welche die Gewässer in ihrer Mitte aufnimmt: diese hohle Fahrbahn kann nur mit Pflaster hergestellt werden.

Das lezte Profil (Fig. 8, Taf. I) bietet viel Nachtheiliges dar: man kann die Fahrbahn mit Versteinung offenbar nicht anlegen, weil sie, für den Wasser-Abfluss bestimmt, bald ruinirt seyn würde. Man muss daher in diesem Falle die Fahrbahn nothwendiger Weise pflastern; allein, abgesehen von dem Mehr-Aufwand den jene erfordert, zeigt die Erfahrung, dass wenn die Längen-Neigung ein wenig stark ist, diese Art von Strassen sehr glitschig und zur Zeit des Schnees und des Eises für Fuhrwerk durchaus unfahrbar sind. Man kann daher dieses Profil nur in den mittägigen Departementen anwenden, wenn die Strassen nur eine schwache Neigung nach ihrer Länge haben.

Wird das umgekehrte Profil der Fahrbahn, welches nur einen Graben erfordert, angewendet, so muss man von Entfernung zu Entfernung Mulden und Durchlässe anlegen, um die Gräben öfters abzulassen.

Den Gewässern möglichst oft einen Abfluss zu verschaffen und sie von den Strassen zu entfernen, ist im Allgemeinen ein sehr wichtiger Grundsaz. [20])

[20]) Nachdem der Entwurf bis auf die Anlage der Durchlässe vollendet und nur in den Abmessungen oder in dem Gefälle der Gräben und Rinnen noch einige Modifikationen Statt finden können, bleibt jezt noch der Ort und die Grösse der Durchlässe auf solchen Stellen zu bestimmen übrig, wo nicht schon beständig fliessende Gewässer oder Schluchten sich vorfinden.

Was den Ort betrifft, so muss der Durchlass an der Stelle angelegt werden, wo der natürliche Abfluss des Regenwassers durch die Strassen-Anlage gehemmt wird. Im Allgemeinen erkennt man diese Stelle aus mehreren Profilen, welche den Erzeugungslinien der Oberfläche als Leitlinien dienen, wie dis weiter unten näher gezeigt wird. Bei Gebirgsstrassen aber, wo angenommen werden kann, dass die Neigung des Geländes in Beziehung auf die Strasse (entweder mit oder gegen dieselbe) sich bestimmt ausspricht, ist eine Leitlinie, d. i. das Nivellement des Terrains in der Strassenachse hinreichend, und jede Vertiefung, wo in dem Längen-Profile Neigung und Gegen-Neigung sich begegnen, ist eine Stelle, wo der Abfluss des Regenwassers die Strassenachse durchschneidet.

Oft ist es der Fall, dass wo zwei Dnrchlässe sehr nahe zu stehen kommen würden, einer hinreicht, indem man die Gewässer zusammenleitet; oder wenn Durchlässe so entfernt liegen, dass der Abfluss des Wassers in den Gräben oder Rinnen nicht gehörig Statt finden kann, so werden Zwischen-Durchlässe angelegt. Der Ort für diese Durchlässe wird vorzüglich durch die Leichtigkeit der Ableitung des Wassers von der Strasse hinweg bestimmt. —

Die vortheilhafteste Lage einer Strasse in Gebirgsgegenden ist, wie wir schon gesagt haben, jene, welche durch den Ausdruck halb im Abhang liegend (à mi côte) bezeichnet wird;

Ist der Ort des Durchlasses gegeben, so ist seine Grösse nach dem Maasse des abzuführenden Wassers zu bestimmen, welches unter übrigens gleichen Umständen, der Grösse des Wasser Behälters, d. i. der Fläche proportional ist, von welcher das Wasser seinen Abzug durch den Durchlass nehmen wird.

Auf einem Steuerplane lässt sich leicht das Wassergebiet eines Durchlasses eintragen. Nimmt man nun an, dass bei heftigen Plazregen in einer Minute auf den Quadrat-Fuss $4\frac{1}{2}$ Kubikzoll Wasser fallen, so kann, im äussersten Fall, von jedem Quadratfuss $4\frac{1}{2}$ Kubikzoll abfliessen. — Man kann also hieraus, nach hydraulischen Lehren sowohl die Abmessungen der Gräben und Rinnen, in welchen allenfalls diese Wassermenge ganz oder zum Theil bis zu den Durchlässen geleitet werden muss, als die der Durchlass-Öffnungen selbst bestimmen. Man fürchte nicht diese hiedurch zu gross zu erhalten; es ist durch oft traurige Erfahrungen nur zu bekannt, welche Verheerungen, wegen zu engen Brücken-Öffnungen die Gewässer bei heftigen Regengüssen oder beim schnellen Abgang des Schnees im Frühjahr auf Strassen hervorgebracht haben.

Bei der Anlage von Zwischen-Durchlässen ist es wegen des, den Gräben oder Rinnen zu gebenden Gefälles besonders wichtig, die Gränze des lezteren zu kennen, welche wegen der Natur des Erdreiches ein gewisses Maximum nicht übersteigen darf.

Dieses Maximum des Gefälles kann so angenommen werden, dass es für Gräben in sandigem Boden einer Geschwindigkeit von zwey Fuss und für Gräben in thonigem Boden einer Geschwindigkeit von acht Fuss entspricht. Zu diesen Geschwindigkeiten gehört, nach Eytelwein's Hydraulik S. 135, für 2′ tiefe und 2′ breite Gräben mit einfüssigen Böschungen ein Gefälle von 0,05′ und von 0,75′ auf 100 Fuss. — Bei einer grösseren Neigung müssen die Gräben gepflastert, oder zur Ersparung der Unkosten gepflasterte Rinnen, wodurch aber die Anzahl der Durchlässe begreiflich vermehrt wird, angelegt werden.

Die Dimensionen der Durchlass-Öffnungen hängen, ausser der durchzuführenden Wassermenge, auch noch von der Lokalität und von dem Materiale ab.

Die ganze Höhe des Durchlasses ist durch die Höhe der Strassen-Oberfläche über der Sohle des Abzugs-Grabens gegeben; zieht man von derselben die Höhe der ersteren über dem Wasserspiegel im oberen Graben ab, so bleibt die lichte Höhe der Durchfluss Öffnung übrig, deren lichte Weite nun gefunden wird, wenn man die durchzuführende Wassermenge mit der lichten Höhe dividirt.

Ist es möglich den Durchlass aus Stein zu erbauen, so geht aus der gefundenen Höhe hervor, ob er noch mit Platten zu überdecken ist, oder ob er überwölbt werden muss; und im ersten Falle bedingt eine geringe Höhe der Strasse über der Grabensohle bei einer grossen Wassermenge die Anlage mehrerer Platten-Durchlässe nebeneinander. —

die Strasse ist zur Hälfte im Abtrag und zur Hälfte im Auftrag; es ist diejenige, deren Zug der Neigungs-Messer angiebt. [21]

Das Überlegen mit Platten von sehr hartem Gesteine findet nur bei Weiten von 4′ bis höchstens $4\frac{1}{2}$ Fuss Statt; diese Platten erhalten gewöhnlich ein Viertel der Weite zur Höhe.

Noch ist zu bemerken, dass Wesermann in seinem vortrefflichen Handbuche für den Strassen- und Brückenbau anführt, bei neuen Strassen werde die Anzahl der Durchlässe gewöhnlich zu gross angenommen. Wir wollen nicht läugnen, dass man durch eine blinde Befolgung der aus vorstehender Bemerkung hervorgehenden Vorschrift auch in diesen Fehler verfallen könnte, wenn man nicht auf die Neigung der Flächen, von denen das Regenwasser abfliesst, auf ihre natürliche Beschaffenheit und besonders auf ihren Kultur-Zustand Rücksicht nimmt. Wie aber alle diese Umstände in Rechnung zu bringen sind, können wir eben so wenig angeben, als die Grösse der Verdünstung und Versickerung von Kanälen in einem Falle vorher genau bestimmt werden kann, von welchem kein ähnliches Beispiel vorliegt. Bei Kanälen begnügt man sich der Sicherheit wegen für Verdünstung und Versickerung ein Maximum anzunehmen und dieses glauben wir auch in vorstehender Betrachtung in Bezug auf das Maximum des Wasser-Abflusses zur Bestimmung der Weiten der Durchlässe angegeben zu haben.

Vorstehende Betrachtung über den Ort und die Grösse der Durchlässe — welche wir blos als einen Versuch angesehen wissen wollen, bei Bestimmung dieser Grössen einigermaassen die Anhalts-Punkte genauer als es bis jezt geschah, anzugeben, — möge hier um so mehr eine Stelle finden, als der Kostenaufwand den die solide Erbauung der Durchlässe erfordert, sehr bedeutend ist.

[21] Auf kürzerem Wege gelangt man zu dem erwünschten Ziele, wenn man den Vortheil hat, die Strasse neben einem Flusse herführen zu können, wo alsdann die Operation mit dem Neigungs-Messer dadurch entbehrlich wird, dass man von dem Wasser-Spiegel des Flusses aus, die Höhenpunkte der Strasse in dem Berg-Abhange bestimmt, — welche Punkte natürlich alle über dem höchsten Wasser-Spiegel liegen müssen. Trägt man diese Punkte, wodurch also die Inundations-Linie des Flusses gegen die Seite der Strasse bestimmt wird, auf die Karte, so lässt sich bei einigem Lokal-Gedächtnisse, zwischen diesen Punkten und durch dieselben in der Art ein regulärer Zug auf der Karte ziehen, dass hieraus schon die Wahrscheinlichkeit einer Ausgleichung zwischen Ab- und Auftrag hervorgeht. — Wegen Ökonomie in den Erdarbeiten darf man sich freilich nur so wenig als möglich von diesen Punkten entfernen; da jedoch einige der Schönheit des Zuges geopfert werden müssen, so geschieht dis an solchen Stellen, wo durch Annäherung an den Abhang, also durch einen allenfalsigen Überschuss im Abtrag, Steine, die theils bei der Fahrbahn, theils beim Mauerwerke Verwendung finden, zu hoffen sind, — oder an solchen, wo durch Entfernung vom Abhang, also durch Vergrösserung des Auftrags, ein allenfalsiges Defizit im Auftrag vom nahe gelegenen, wohlfeilen Gelände, oder wo möglich von einem öden Grunde erholt werden

Diese erste, durch die Wasserwage bestimmte und gegebene Lage der Leitlinie wird ferner durch die Rektifikation oder durch die Vereinigung der aufeinanderfolgenden Richtungen, modifizirt, aus denen der ursprüngliche Zug besteht.

Es ist einleuchtend, dass man bei einem starken Abhang des Hügels den im Auftrag liegenden Theil durch eine Futtermauer unterstüzen muss. [22])

kann. — Der auf diese Weise auf der Karte bestimmte Zug wird dann mit dem Lokale verglichen, nochmals berichtigt, dann auf dem Felde abgesteckt, die Profile aufgenommen und die Erdberechnung, wie weiter unten gezeigt wird, angefertigt.

Wird dieser primitive Zug mit Aufmerksamkeit und Umsicht bestimmt, so wird die erste Erdberechnung, — eine nicht unbedeutende Arbeit, — von dem gewünschten Resultate nicht mehr weit entfernt und wohl grösten theils schon brauchbar seyn.

Entbehrt man den Vortheil, zur Bestimmung der ersten Höhenpunkte den Wasserspiegel eines Sees oder Flusses benüzen zu können, so kann mittels der neuen Nivellir-Instrumente des geschikten Mechanikers, Herrn Ertl in München, obiger Zweck beinahe eben so schnell erreicht werden. — Man bestimme nemlich mittels eines solchen Instrumentes, in Stationen von 600 bis 800 Fuss Entfernung, in dem Bergabhange jene Höhen-Punkte, als in einer und derselben, in der Höhe der Strasse liegenden, horizontalen Ebene sich befindend. Am Ende dieser Operation erhält man durch dieselbe den Höhen-Unterschied zwischen dem Anfang- und Endpunkte der Strasse; man kann also jezt diesen Unterschied auf die im Abhang bestimmten Punkte, nach ihrer Entfernung von einander auf die zweckdienlichste Weise vertheilen: denn offenbar gibt in Bezug auf Ökonomie der Erdarbeiten und auf die Steigung der Strasse diejenige Linie die vortheilhafteste Richtung des Zuges an, welche durch den Durchschnitt einer, die Oberfläche der Fahrbahn an ihrem Anfang und Ende berührenden Ebene mit dem Abhange des Gebirges entsteht. Je mehr man sich also mit dem Strassenzuge dieser, durch die beiden angeführten Methoden leicht und schnell zu erhaltenden, Linie nähert, desto vollkommener wird, in obiger Beziehung, der Zug seyn. —

Zu dieser ersten Bestimmung braucht man für eine 15 bis 20 tausend Fuss lange Strassenstrecke in einer freien und ziemlich flachen Gegend, bei einiger Übung, zwei bis höchsten drei Tage.

[22]) Nur wenn der Abhang so steil und felsig ist, dass eine Erd-Anfüllung abrutschen würde, muss man eine Stüzmauer anlegen; in allen übrigen Fällen ist es eine Frage der Ökonomie, ob man eine Stüzmauer anlegen soll oder nicht, welche in jedem besondern Falle durch eine einfache Rechnung entschieden werden kann. — Das wichtigste Element hiebei ist, nachdem die Form der Strasse und die des Abhanges als gegeben vorausgesezt wird, der Preis des Erd- Ab- und Auftrags und der des Mauerwerks. Die Stüzmauer

Sie kann von gewöhnlichem, oder von trocknem Mauerwerke seyn.

Der Vortheil dieser zweiten Art besteht hauptsächlich in Ersparung; die Böschung der Mauer soll bei dieser Konstruktions-Art $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ ihrer Höhe betragen und da in dem fraglichen Falle der Bruchstein, mit dem die Mauer erbaut wird, gewöhnlich vom Abtrag herkömmt, so kann man, ohne den Aufwand zu vermehern, diesen Mauern eine grosse Dicke geben.

Die Stüzmauern mit Mörtel von Kalk und Sand sind ein Luxus-Artikel; sie werden gewöhnlich für die Zugänge der Städte aufbewahrt; ihre Böschung ist $\frac{1}{12}$. Man muss Sorge tragen, daran Ausgussteine für den Wasserabfluss anzubringen.

Wenn die Lokalitäten bei einem Strassen-Zuge in Gebirgs-Gegenden zur Annahme des Maximum in der Längenneigung genöthigt haben, und wenn sich mit diesem Umstande zugleich ein steiler Gebirgs-Abhang vereinigt, so ist es unvermeidlich zur Sicherheit der Reisenden Fürsorge zu treffen. Man muss desshalb auf dem Rande der Böschung des Auftrags Steine sezen, oder, noch besser, wie schon erwähnt, ein Banket oder eine Stüzmauer anlegen. [23])

Die zu nehmenden Vorsichts-Maassregeln um den Fuss der Böschung des Auftrags von der am Fusse eines Abhanges angelegten Strasse, woselbst ein Fluss fliesst, zu schüzen, bestehen gewöhnlich in einem Steinwurfe von grossen Blöcken. Manchmal wendet man auch eine Stüzmauer an: sie genügt jedoch nicht immer und unter manchen Umständen muss man sie selbst mit einem Steinwurf oder mit einer Spundwand von Pfählen schüzen.

darf dann nicht mehr kosten, als der Abtrag und die Herstellung des Auftrags, welcher durch jene erspart wird, mit Einschluss der Grund-Entschädigung, die durch die leztere allenfalls nothwendig werden könnte.

Auch muss öfters nicht nur der Theil der Strasse im Auftrag, sondern auch die Seite des Bergeinschnittes bekanntlich durch eine Futtermauer gesichert werden, um das Nachfallen der Erde zu verhüten.

[23]) Diese Steine- oder Geländer-Säulen erhalten gewöhnlich eine Höhe von 3 Fuss über dem Boden und stehen zwei Fuss in demselben. Ihre Breite ist gleich ihrer Dicke, nemlich gleich 1 Fuss, und ihre Entfernung von einander beträgt, im Falle sie durch 5 bis 6 Zoll ins Gevierte starke hölzerne Stangen verbunden werden, 12 bis 15 Fuss; — geschieht dieses nicht, so sezt man die Steine nicht so weit und allenfalls nur 8′ bis 10′ auseinander.

Besteht der Hügel aus Felsen und bietet er hervorspringende Massen dar, welchem die Strasse nicht ausweichen konnte, und die man wegen ihrer Anlage ausbrechen muss, so muss in diesem Falle die Strasse auf die kleinste Breite beschränkt werden.

Um beträchtliche und kostspielige Abträge zu vermeiden, legt man manchmal die Böschung des Einschnittes in Vorsprüngen an: diese Konstrucktions-Art einer Strasse ist aber nicht ohne Nachtheil, und Beispiele von ihrer Anwendung sind daher selten. Übrigens ist dasselbe nur dann ausführbar, wenn der Felsen von der Wirkung des Frostes nicht angegriffen und zerstört wird; ist aber dieses der Fall, so hat man keinen andern Ausweg für die Anlage der Strasse, als die Masse zu durchstechen und eine unterirdische Passage zu bilden. Die neuen Strassen Italiens über den Mont-Cenis und Simplon liefern mehrere Beispiele von unterirdischen Passagen.

Auf einem Felsenboden höhlt man für die Versteinung keine Vertiefung aus. — Der Felsen wird auf eine Tiefe von $0,16^{m}$ (0,55') abgehoben, um darauf die beiden lezten Lagen von zerschlagenen Steinen zu legen, die, welche auch die Härte des Felsens, auf dem die Strasse erbaut wird, seyn mag, immer unentbehrlich sind.

Die Veränderungen der Strassen-Profile, — sey es, um Reduktionen in ihrer Breite vorzunehmen, sey es, um die Form in Bezug auf Lokal-Verhältnisse umzugestalten — werden in die Winkel gelegt, wo die Richtungen sich brechen. —

Diese Veränderungen dürfen nicht plözlich vorgenommen werden; man muss sie vorbereiten.

Dieses Prinzip ist auf alle Arten von Strassen anwendbar.

Im Falle sich das Profil einer Strasse verändert, werden die Übergänge der Neigungen und die hieraus sich ergebenden Durchschnitte in den verschiedenen Körpern der Strassen nicht mit einer strengen Genauigkeit ausgeführt.

Die Kanten sind nicht scharf; im Gegentheile, man rundet sie ab. —

Gewöhnlich kann man die Gebirgsstrassen nicht bepflanzen; die Ursachen, welche sie dieser nüzlichen Verschönerung berauben, sind die geringe Breite dieser Strassen, die gewöhnliche Unfruchtbarkeit des Bodens und die Natur des Auftrags, welcher meistens auf Felsentrümmern gemacht wird. Man muss ihnen übrigens diesen Vortheil verschaffen, wenn es die Umstände erlauben.

Auf den Gebirgsstrassen findet man die häufigsten Gelegenheiten zur Anlage von Mulden; allein im Falle das umgekehrte Profil angewendet wird, muss die Mulde in einer schiefen Richtung auf die Strassenachse angelegt werden. Sie heisst alsdann schiefe oder schärpenartige Mulde; sie muss gepflastert werden.

Ihre vortheilhafteste Lage ist offenbar diejenige, welche der Mulde bei der geringsten Länge die grösste Neigung verschafft.

Beim Aufsuchen der vortheilhaftesten Lage der schiefen Mulde, muss man vermeiden, dass sie mit der Diagonale des Parallelogramms zusammenfalle, welches durch die Stüzpunkte der Wagen mit vier Rädern gebildet wird.

Die graphische Bestimmung dieses schiefen Winkels, der vermieden werden muss, ist leicht zu erhalten.

Die Lösung der Aufgabe für das Auffinden des vortheilhaftesten Winkels für die Lage der Mulde auf einer umgekehrten Strasse gehört der Elementar-Geometrie an. *) Um das, was sich auf die Mulden bezieht, zu beschliessen, muss ich noch bemerken, dass, wenn in einer Strassenstrecke, welche ein kleines Thal durchschneidet, der Wasser-Abfluss mittels einer Mulde Statt findet, seine Ausmündung immer auf die möglichst vortheilhafteste Weise für den Ackerbau angelegt werden muss. —

*) Auf DB und BC (fig. 1, Taf. II) den Projektionen der Quer- und Längen-Profile einer Strasse, die einen rechten Winkel bilden, seyen zwei Theile AB und DC gleich der Einheit des Maasses genommen, n stelle die Querneigung am Ende der einen und m die Längen-Neigung am Ende der andern vor. Diese leztere sey stärker als die erstere. Man verlangt die Bestimmung der Projektion einer solchen Lage der Mulde, dass sie die möglich grösste Neigung habe.

Um in dem Winkel DBC die Linie der grössten Neigung BE zu finden, muss man in der steigenden Ebene der Strasse eine horizontale Linie CD aufsuchen; wenn man alsdann durch den Scheitel B die senkrechte BB zieht, so wird diese offenbar die gesuchte Linie und folglich die Projektion des Winkels seyn, welcher mit der Projektion des Quer-Profiles die Richtung der Mulde macht.

Da $m < n$, so ist offenbar, dass man auf die Verlängerung von AB den Punkt D, welcher mit C horizontal ist, suchen muss und man wird leicht diesen Punkt D finden, wenn man überlegt, dass man nach der Voraussezung hat $(AD + AB)\, n = BC \times m$, oder $AD = x$ gesezt, $(x + 1)\, n = 1 \times m$.

Obgleich man auf eine allgemeine Weise das Maximum der Längen- und Quer-Neigungen festgesezt hat, so muss man dennoch die Zähheit (tenacité) des Bodens, auf welchem die verschiedenen Strassen-Theile angelegt werden, beachten und bei Bestimmung der Neigungen das berücksichtigen, was die Erfahrung über den Effekt der Gewässer auf diesem Boden lehren könnte. —

Nach dieser Darstellung der Grundsäze über die Konstruktion der Strassen-Profile und ihrer Nebenanstalten in Gebirgs-Gegenden ist es leicht, die Wahl des schicklichsten Profiles einer Strasse in Bezug auf Ökonomie, Festigkeit und Lokalität zu bestimmen. Dis genügt jedoch zur Aufstellung eines Entwurfes nicht: es bleiben noch einige wesentliche Details der auf dem Felde vorzunehmenden Arbeiten anzuzeigen übrig; es müssen die Methoden, die Strassenzüge zu bestimmen, und die Betrachtungen dargestellt werden, auf denen sowohl die Wahl der Richtung als der Vorzug gegründet sind, welchen sie unter den verschiedenen kommerziellen und militärischen Rücksichten erhalten müssen.

Sobald die Regierung die Eröffnung einer Strasse beschlossen und ihren Anfang und Endpunkt bezeichnet hat, ist die Prüfung der verschiedenen Richtungen und die Wahl unter denen, welche die vortheilhaftern sind, lediglich Sache des Ingenieurs.

Eine sehr vollständige Rekognoscirung des Terrains ist unentbehrlich: der Ingenieur muss, nachdem er durch eine erste, obgleich nur provisorische Rekognoscirung die Möglichkeit der Ausführung der Strasse erkannt hat, die Karte der Gegend, welche sie durchzieht, aufnehmen; die Nivellements, welche die Lage des Entwurfs, in Bezug auf das Gelände, und jene der Leitlinie

Hieraus zieht man $x = \frac{m-n}{n}$ und folglich $DB = \frac{m}{n}$.

Man wird leicht den analytischen Werth des Winkels DBE, welchen die Projektionen des Quer-Profiles und die Richtung der Mulde unter sich bilden, haben, wenn man überlegt, dass EC der Cosinus des Winkels ECB = DBE ist.

Und man findet durch die Betrachtung der ähnlichen Dreiecke DEC und BEC

$$\text{Cos EBC} = \frac{1}{\frac{\sqrt{m^2+n^2}}{n^2}} = \frac{n}{\sqrt{m^2+n^2}}.$$

(Anmerkung des Verfassers).

festsezen, anfertigen; endlich seinen Entwurf mit einem Gutachten begleiten, in welchem er die Gründe auseinander sezt, die ihn bestimmen könnten, die Richtung und Bauart, welche er vorschlägt, zu wählen, um hiedurch die Regierung in den Stand zu sezen, seiner Arbeit die Sanktion zu ertheilen, die der Ausführung vorausgehen muss.

Die allgemeinen Grundsäze für die Bestimmung des Zuges von einem Entwurfe sind:

1) ein Entwurf muss soviel als möglich bewohnte Orte berühren;

2) die einzelnen Richtungen müssen, soviel es die Lokalitäten gestatten, nach dem Ziele gerichtet seyn, welches man erreichen will.

Diese Rücksichten werden durch den Verkehr bedingt; es sind diejenigen, welche im Innern des Königreichs nothwendig beachtet werden müssen; allein wenn sich eine Strasse der Grenze, die sie überschreiten muss, nähert, so muss der Ingenieur, bei Bestimmung der zu befolgenden Richtung, militärische Rücksichten beachten.

In diesem Falle muss der Entwurf die Pläze und Festen (forts) welche die Grenzen schüzen, berühren, um dadurch die Kommunikationen und Zufuhren zu erleichtern; er muss die Aufmerksamkeit haben, eine solche Lage und solche Richtungen zu wählen, welche weder beherrscht, noch von den Höhen der Gegend jenseits der Grenze bestrichen werden können. Handelt es sich davon, zu einer Brücke, über einen die Grenze bildenden Fluss zu gelangen, jenseits welcher die benachbarte Regierung Vertheidigungs-Werke anlegen könnte, so ist es wesentlich, diese Brücke nicht durch eine gerade und in der Brücken-Achse liegende Richtung zu erreichen. Man muss in diesem Falle den Entwurf auf eine gewisse Länge parallel mit dem Flusse führen, um durch einen gekrümmten und wohl entwickelten Zug an die Brücke zu gelangen.

Aus der Beobachtung dieser Grundsäze, bei Bestimmung der Richtungen eines Entwurfes folgt, dass die Projektion der Achse einer Strasse, sey es in ebenen, sey es in gebirgigen Gegenden, eine Folge von geraden, unter sich Winkel bildenden Linien darstellt. Diese durch das Begegnen zweier Richtungen gebildeten Winkel müssen abgerundet werden.

Bevor ich die praktischen Methoden, diese Abrundungen auf dem Felde vorzunehmen gebe, muss ich summarisch die Art, wie die Richtungen abgesteckt werden, anzeigen.

Man weiss schon, dass die Leitlinie die Projektion der Strassenachse oder die Richtung ist.

Diese Richtung ist gerade oder krumm.

In den krummen Theilen kann sie auf dem Felde nicht wie auf dem Plane, gezogen werden. Man macht von verschiedenen Methoden Gebrauch; sie bestehen darin, Durchschnittspunkte von geraden Richtungen zu erhalten.

Eine gerade Richtung wird mittels der Visirstäbe abgestekt.

Wenn die Endpunkte gegeben sind, so sezt man die Zwischenstäbe, indem man sie alle in dieselbe vertikale Ebene bringt: diese Verrichtung ist sehr leicht.

Trifft man beim Abstecken einer sehr langen Richtung nicht genau auf den Endpunkt, so muss die ganze Abweichung gemessen und die Zwischenstäbe müssen auf derselben Seite, im Verhältnisse ihrer Entfernung vom Endpunkte, versezt werden.

Können die Endpunkte einer Richtung nicht wechselweise gesehen werden, so nimmt man zu trigonometrischen Verfahrungs-Arten seine Zuflucht, welche zur Absteckung der Richtung sehr einfach sind.

Diese Mittel werden bei kleinen Entfernungen angewendet; sind diese beträchtlich, so ist ein Plan in einem sehr grossen Maassstabe nöthig, um auf dem Felde, indem man die Hindernisse vermeidet oder umgeht, die Richtungs-Punkte zu erhalten.

In allen diesen Fällen muss, nach Beseitigung der Hindernisse, die Richtung durch direkte Beobachtung berichtigt werden.

In einer ebenen Gegend ist die Richtung das erste Element eines Entwurfes.

Die gebräuchlichsten Kurven für die Abrundung der durch das Begegnen zweier Richtungen gebildeten Winkel, sind der Kreis und die Parabel.

Man legt den Scheitel der Winkel, so viel wie möglich, in die Wendungen, um sie dem Blicke zu verbergen.

Es giebt drei praktische Methoden die Abrundungs-Kurven eines Winkels abzustecken.

Die Beschreibung dieser drei Methoden und die Vergleichung ihrer gegenseitigen Vortheile sind der Gegenstand der folgenden Vorlesung.

XIV. Vorlesung.

Graphische Methoden der Vereinigungen der Richtungen in ebenen und gebirgigen Gegenden. — Theorie und Praxis des Nivellements. — Anwendung der Wasserwage zur Bildung eines Strassen - Entwurfes in der Ebene. — Gebräuchliche Methode um ein Nivellement aufzutragen. — System der Erzeugung des Geländes zwischen zwei Querprofilen. —

Graphische Vereinigungs-Methode.

Man theile SAB (Fig. 2, Taf. II) in mehrere gleiche Winkel, bezeichne mit dem in A aufgestellten Winkel-Messer die Durchschnitte A1, A2, etc. von diesem Winkel mit der Richtung SB; wiederhole diese Operation im Punkte B; so muss, da der Winkel SBA gleich dem ersten SAB ist, die Kurve ein Kreisbogen seyn; das Durchschneiden der Linien, welche gleiche Winkel bilden, in einer verkehrten Ordnung verglichen, gibt offenbar Punkte in der Kurve, welche ein Kreisbogen ist, weil durch diese Konstruktion jeder Winkel am Anfang in M und M′ auf derselben Sehne AB ruhend, eine gleiche Anzahl Grade hat.

Zweite Methode.

Man theile AB (Fig. 3, Taf. II) in zwei gleiche Theile, ziehe SC, theile SA in zwei, ziehe S′S″ parallel mit AB, so wird diese Linie SC in einem Punkte M, der der Kurve angehört, schneiden. Macht man die nemliche Operationen in dem Dreiecke AS′M, so erhält man einen neuen Punkt M′, und sofort in so vielen Dreiecken, als man bilden will, sowohl von der Seite AC, als von der andern CB, welche Punkte der Kurve angehören.

Bei dieser zweiten Methode kann A S gleich oder nicht gleich mit S B seyn. In allen Fällen ist die Kurve eine auf ihre Achse sich beziehende Parabel, wenn A B = S B ist, oder auf einen Durchmesser in den entgegen gesezten Fällen.

Diese Kurve hat den Vortheil, desto weniger Krümmung zu haben, je mehr sie sich von ihrem Scheitel entfernt und daher ist der Übergang der Kurve in die dazugehörige Richtung wenig bemerklich. [24])

Dritte Methode.

Man theile A S und S B (Fig. 4, Taf. II.) jede in eine gleiche Anzahl unter sich gleicher Theile; verbinde dann jede Abtheilung von B S aufwärts und den Punkt B einbegriffen mit jeder korrespondirenden Abtheilung von A S abwärts, den Punkt A einbegriffen, so werden die aufeinander folgenden Durchschnitte von allen Geraden je zwei und zwei in der oben angezeigten Ordnung einer Kurve angehören, welche zu den Richtungen A B und S B in den Punkten A und S Tangente seyn wird.

Diese dritte Methode, welche ebenfalls eine Parabel giebt, ist viel einfacher und leichter ausführbar, als die vorhergehenden. [25])

[24]) Bekanntlich ist bei einer Parabel die Subtangente SC (fig. 3.) noch so gross, als die dazu gehörige Abscisse MC; folglich gehört der Punkt M einem Punkte an, welcher in A von AS berührt wird. Da nun aus der Konstruktion leicht ersichtlich ist, dass, wenn man die Tangente in M und die dazu gehörige Ordinate zieht, bis sie SC schneidet, für jeden Punkt wie M die Sub-Tangente immer noch so gross als ihre Abscisse seyn wird, so gehören alle auf diese Weise bestimmten Punkte einer Parabel an, von welcher AS in A eine Tangente ist. —

[25]) Sind beide Tangenten gleich und wird jede in 8 gleiche Theile getheilt, so liegen die nach der dritten Methode erhaltenen sieben Kurven-Punkte bei einem stumpfen Winkel der sich schneidenden Richtungen beinahe in einem Kreisbogen.

Nimmt man auf den Tangenten statt 8 vier oder 16 gleiche Theile, so gehören die durch die Durchshnitte bestimmten Punkte zu einer krummen Linie, welche im ersten Falle weniger, und im andern Falle stärker gekrümmt ist, als der Kreis. Hievon kann man sich leicht durch Zeichnung überzeugen. Es geht also hieraus hervor, dass man die Zwischen-Punkte der auf diese Art bestimmten Kurve nicht durch Halbiren der, auf den Tangenten abgemessenen Theile, mit Anwendung derselben Methode (nemlich der 3ten), erhal-

Die Vereinigung der beiden aufeinander folgenden Richtungen soll eine solche Ausdehnug haben, dass die Wagenräder

ten könne: — diese Zwischenpunkte findet man nun am schnellsten durch die sogenannte Viertels-Methode, welche auf dem bekannten Saze beruht, dass bei kleinen Winkeln der Sinus-versus des halben Bogens der vierte Theil von dem des ganzen ist.

Für einen Bogen von 6° ist der Sin. vers. = 0,00547 und für einen Bogen von 3° ist der Sin. vers. = 0,00140. —

Es seyen nun die Hauptpunkte der Kurve durch die dritte Methode bestimmt und es bilden die sich durchschneidenden Richtungen der Strassen-Achse einen Winkel z. B. von 136° — 30′ (= α), die Länge jeder Tangente von der Ecke an gemessen sey = 400′ (= t) und jeder derselben sey in 8 gleiche Theile getheilt, so dass also die bestimmten 7 Hauptpunkte, wie oben angeführt wurde, beinahe in einem Kreisbogen liegen, dessen, durch Konstruktion oder Rechnung gefundener Halbmesser r = t. tang. $\frac{\alpha}{2}$ = 1000′ ist. — Die durch wirkliche Messung auf dem Felde gefundenen Entfernungen der sieben Kurvenpunkte differiren zwar desto mehr, je nachdem man die Visirstäbe mehr oder weniger genau einrichtet; allein diese Differenzen haben, selbst wenn sie einige Fuss betragen, auf die folgende Absteckung durchaus keinen merkbaren Einfluss. Denn nimmt man von zwei dieser Entfernungen, die in unserm Beispiele 95′ lang sind und einem Centriwinkel von 5° — 25′ entsprechen, die eine zu 93′ und die andere selbst zu 101′ an, so ist der zu der ersten gehörige Sinus-versus (der durch Konstruktion oder Rechnung, aber auf dem Felde durch Messung gefunden werden kann) = 1,04′ und der vierte Theil für den ersten Zwischenpunkt ist 0,26′; der zu 101′ gehörige Sinus-versus ist 1,27′, also das Viertel = 0,32′. Die Differenz 0, 32′ — 0,26′ = 0,06′ oder 6 Dezimal-Linien, ist daher schon bei Absteckung der ersten Zwischenpunkte, welche von dem schon bestimmten Kurven-Punkte noch 23′ bis 24′ entfernt sind, kaum bemerkbar und also um so viel weniger bei den folgenden. —

Das Abstecken der Kurvenpunkte selbst nach der Viertels-Methode, indem man auf der Mitte der Sehnen die dazu gehörige Sinus-versusse senkrecht errichtet, ist so einfach, dass jede weitere Auseinandersezung entbehrlich scheint.

Aus dem angeführten Beispiele erhellt nun, dass selbst bei einer grossen Kurve z. B. von 760′ Länge die Absteckung derselben durch die Verbindung der 3ten Methode mit der Viertels-Methode auf obige Weise bei Arbeiten dieser Art als hinlänglich genau angenommen werden könne. Dass aber alle obigen 7 Hauptpunkte, die Endpunkte der oben als Beispiel gewählten Sehnen von 93′ — 101′, unerachtet der hieraus sich ergebenden Abweichungen der Sinus-versusse, ziemlich genau in der Kurve, also in einer gleichen Entfernung vom Centrum liegen, geht aus der Konstruktions-Art der Kurve nach der 3ten Methode selbst hervor.

in allen Richtungen des Fortganges auf der Fahrbahn einen Stüzpunkt finden. [26])

Übrigens muss noch für diejenigen, welche die nach der dritten Methode entstehende Kurve streng mathematisch untersuchen wollen, bemerkt werden, dass diese Kurve weder ein Kreis noch eine Parabel ist; lezteres wird sie nur in dem Falle, wenn die Theile auf den Tangenten unendlich klein angenommen werden, also die Kurve selbst durch die steetige Bewegung einer Linie zwischen den Schenkeln eines Winkels, auf welche jene sich während ihrer Bewegung stüzt, entsteht. —

[26]) Um den kleinsten Krümmungs-Halbmesser für Kunststrassen von gegebener Breite zu bestimmen, so dass das grösste Gespann der darauf sich fortbewegenden Wagen noch im vollen Zuge verbleiben könne, sey in Fig. 4bis, Taf. II die halbe Breite der Fahrbahn = am = b, die Länge des Gespannes = ab = l, der Halbmesser der Strassen-Achse = ac = r und der halbe Winkel, welchen die sich schneidenden Strassenachsen bilden, = afc = α.

Befindet sich nun der Wagen in a, dem Anfange der Kurve, so müssen, wenn der Wagen in a fortbewegt und keine Kraft verloren gehen soll, alle Pferde die Stränge nach der Richtung der Tangente ab anziehen. Ist nun diese Tangente gleich der Länge des Wagens plus der Bespannung, so wird sich der Wagen in dem concentrischem Ringe, so gross derselbe auch immer seyn mag, fortbewegen können: denn man wird, da nach der Voraussezung die Krümmung gleichförmig ist, von irgend einem Punkte u, v oder w der Strassenachse abvwe eine Tangente = ab = l ziehen können.

Von b, dem Endpunkte der Tangente ab, ziehe man durch den Mittelpunkt c die Sekante bcg, welche die Strassenachse in d durchschneidet, so ist bekanntlich

$$bd : ab = ab : bg \text{ oder}$$
$$b : l = l : 2r + b \text{ oder}$$
$$b(r + b) = l^2 \text{ und hieraus}$$
$$r = \frac{l^2 - b^2}{2b}.$$

Der Krümmungs-Halbmesser der Strassenachse ist also blos von der Breite der Fahrbahn und von der Länge des Gespannes abhängig, nicht aber von dem Winkel, unter welchem sich die verlangten Richtungen dieser Achse schneiden: bei gleich breiten Strassen sind daher alle Vereinigungs-Kurven mit demselben Halbmesser zu beschreiben. —

Um noch die zur Bestimmung des Mittelpunktes c gehörige Entfernung af, welche dem gefundenen Halbmesser r entspricht, durch Rechnung zu bestimmen, bemerke man, dass der Winkel acf = 90° — α, folglich

$$af = ac \cdot \text{tang. } acf = r \cdot \text{tang. } (90^\circ - \alpha) = r \cdot \text{cotang. } \alpha$$

ist; oder für r obigen Werth substituirt:

$$af = \left(\frac{l^2 - b^2}{2b}\right) \text{Cotang. } \alpha$$

Sobald der allgemeine Zug der Strasse vollendet ist, so versichert man durch starke Pflöcke die Endpunkte der festgesezten Richtungen und durch schwächere Pflöcke die Zwischenpunkte derselben. Man bedeckt sie mit Erde und manchmal umgiebt man sie selbst mit einem massiven Mauerwerk, wenn ihre Wichtigkeit es erfordert.

Die krummen Richtungen werden erst bei der Ausführung abgesteckt. [27])

Die Vereinigungen zweier auf einander folgenden geraden Richtungen sind in Gebirgs-Gegenden viel häufiger, als bei Strassen in der Ebene.

Man führt sie durch die dritte Methode aus, welche insbebesondere auf Strassen in Gebirgs-Gegenden anwendbar ist.

Beispiele von dieser Vereinigung mit Wendung.

Es sey ASS′a (fig. 5, Taf. II.) das durch den Zug gebildete Zikzak, welches man durch eine Wendungs-Kurve zu ver-

Hieraus erhellt, dass a f desto grösser wird, je kleiner der Winkel ist, unter welchem sich die verlängerten Richtungen der Strassenachse schneiden.

Beispiel. Ist die ganze Breite der Fahrbahn = 20′, also b = 10′ und die Länge eines Baustammes, als der längsten Last, welche auf Strassen verführt wird, mit der Bespannung von vier Pferden = 120′ = l, so findet man den Krümmungs-Halbmesser für die Strassenachse, $r = \frac{130 - 110}{20}$ = 715′ und für b = 9′ und l = 100′ ist r = 551′. —

Herr Baurath Umpfenbach ist der Meinung, dass ein Halbmesser von 50 Fuss für das schwerste Fuhrwerk hinreiche; denn wenn man dessen Länge von den Hinterrädern bis zum Kopfe der vordersten Pferde zu 60 Fuss annimmt und diese als eine Sehne im Bogen betrachtet, so wird der Pfeil nur 3 Fuss seyn, der Zug also nur unmerklich erschwert. —

[27]) Da öfters Kurven von 1000′ Länge und darüber, namentlich in Gebirgsgegenden vorkommen, wo die Erd-Arbeiten bedeutend, und ohne Aufnahme einiger Quer-Profile nicht wohl zureichend genau zu berechnen sind, so muss man desshalb in jeder Kurve wenigstens die Hauptpunkte bestimmen, was im Allgemeinen am schnellsten durch die dritte Methode geschieht.

Man theile, die Kurve mag gross oder klein seyn, die Tangenten immer in acht gleiche Theile, um einen Kreisbogen oder vielmehr eine Kurve zu erhalten, die diesem desto näher kommt, je grösser, wie schon erwähnt, der Winkel ist, unter welchem sich die Richtungen der Strassenachsen schneiden, was sowohl die allenfallsigen Berechnungen, als die Bestimmung der Zwischenpunkte, so wie die reine Zeichnung der Kurve sehr erleichtert.—Diese Art des Absteckens geht, bei einiger Übung, ziemlich schnell von Statten; mit drei abgerichteten Messgehülfen kann man in einem Tage wohl 4 bis 6 Kurven von 800′ bis 1000′ Länge abstecken. —

einigen beabsichtigt, und B sey der zur Wendung bestimmte Punkt.

Man wird für die beiden Winkel S und S′ die Vereinigungs-Art durch die dritte Methode anwenden.[28])

Die praktischen Methoden, eine Abrundungs-Kurve abzustecken sind nicht immer geeignet in Gebirgs-Gegenden direckt gebraucht zu werden, da Lokal-Hindernisse die Eintheilung der Seiten des Winkels und das Abstecken der Linien, um die Kurve mittels Durchschnitte zu erhalten, nicht gestatten. —

Man substituirt ihr mit Vortheil eine Näherungs-Methode, welche durch Erfahrung und Übung förderlich wird, die eine ziemlich angenehme Kurve giebt und welche die Bedingungen der Aufgabe erfüllt.

Diese Methode besteht darin, aufeinander folgende Sehnen, welche ein in dem abgerundeten Winkel beschriebenes Vieleck bilden, zu ziehen, und auf dem Felde an die Endpunkte dieser, über das Vieleck gleich weit hinausreichenden Sehnen beliebig grosse Abstände zu sezen, die man gewöhnlich, auf eine solche Art vermehrt, dass das sich ergebende Vieleck durch die bestimmten Punkte geht. —

Die Ausführung dieses Verfahrens auf dem Felde zeigt die Zeichnung (fig. 6, Taf. II.)

Es sey der Winkel BSA durch zwei Stücke der Richtung eines mit dem Neigungsmesser bestimmten Zuges gebildet, welchen man durch die Näherungs-Methoden abzurunden beabsichtigt.

Man trägt von A nach A′ auf die Seite AS eine beständige Länge AA′, zum Beispiele von 10^{m} (34,2′); vom Punkte A′ und mit einem Radius gleich A′A trägt man auf den Bogen A′m die nöthig erachtete Sehne; man verlängert dann Am bis in n′, indem man mn′, gleich der Grösse A′A macht, und zieht, von dem Mittelpunkte m und mit einem Radius gleich mn, den Bogen nn′, der dem vorhergehenden Bogen gleich, oder kleiner, oder auch grösser gemacht wird, je nachdem man sieht, dass die Kurve

[28]) Hierher gehört die geometrische Aufgabe: zwei beliebige in einer Ebene liegende Geraden durch zwei Kreisbögen von gleichen Radien so zu verbinden, dass die Kreisbögen sich und die geraden Linien berühren. Die einfache Auflösung findet man z. B. in von Langdorf's *Einleitung in das Studium der Elementar-Geometrie*, *Algebra*, *Trigonometrie* u. s w., Heidelberg bei Schwan und Göz, 1814. —

mehr oder weniger Krümmung erfordert. Auf diese Weise fährt man fort, bis man zu dem Punkte B gelangt ist. —

Es ist selten, dass aufs erstemal die gesuchte Kurve gelinge; allein die Vermehrungen oder Verminderungen der Abstände ergeben sich mit Leichtigkeit, und bei ein wenig Übung erhält man nach einem oder zwei Versuchen das Vieleck, welches die der Bedingung des Zuges entsprechende Abrundung giebt.

Diese Methode liesse sich bei Vereinigungen in ebener Gegend anwenden; allein um das hiebei Statt findende Versuchen zu vermeiden, ist es besser, wenn keine Hindernisse entgegen sind, die vorher gelehrten graphischen Methoden anzuwenden. [29]

Man weiss schon, dass die Bestimmung des Strassenzuges in einer gebirgigen Gegend, dermaassen von Lokalverhältnissen, von denen sie abhängig ist, geboten wird, dass sie besondere Methoden erfordert; sie ist nicht mehr, wie in der Ebene, das Ergebniss einer vorläufigen Skizze, die man zuerst auf der Karte im Kabinete gezogen hat: das Projekt einer Strasse in Gebirgs-Gegenden wird auf dem Felde selbst und gleichzeitig mit der Bestimmung des Zuges angefertigt; allein bevor ich von der unter diesen Umständen angewandten Methode spreche, muss ich einige Details über die Theorie und Ausübung der Nivellir-Kunde auseinandersezen. —

Der Zweck dieser Verrichtung im Allgemeinen ist, die Grösse zu bestimmen, um welche ein Gegenstand oder ein Punkt des

[29]) Befinden sich innerhalb des konkaven Theiles der Kurve Hindernisse, welche die Anwendung einer beliebigen der vier angeführten Methoden unmöglich machen und möchte man doch eine reguläre Kurve z. B. einen Kreis erhalten, so bestimmt man denselben von seinen Tangenten aus: man berechnet nemlich aus dem, gleichfalls durch Rechnung nach Note 26 gefundenen Halbmesser r, für beliebige, auf der Tangente genommene Abscissen x die dazu gehörigen Ordinaten y des Bogens nach der bekannten Formel:

$$y = r \mp \sqrt{r^2 - x^2}.$$

Auch kann man bei einer, in einem grossen Maassstabe aufgetragenen Zeichnung, sowohl den Halbmesser, als die Abstände des Bogens von der Tangente durch Konstruktion finden. —

Bei ganz grossen Kurven von mehreren Tausend Fussen oder von einigen Stunden Länge, wie solche manchmal bei grossen Fluss Korrektionen vorkommen, werden die Hauptpunkte der Kurven, mit oder ohne Wendungspunkte, trigonometrisch bestimmt und von diesen aus die übrigen in der Kurve liegenden Punkte entweder von der Sehne oder der Tangente aus, je nachdem es die Lokalitäten zulassen, abgesteckt.

Bodens mehr vom Mittelpunkte der Erde oder von einer davon gleich entfernten Linie, die man die Linie des Horizontes nennt, absteht, als ein anderer.

Man unterscheidet daher zwei Arten von Horizont; den wahren und den scheinbaren Horizont.

Der wahre Horizont ist eine mit der Erde parallele Kurve.

Der scheinbare Horizont ist eine Tangente zu dieser Kurve.

Das Werkzeug, welches Wasserwage heisst und welches man für die Arbeiten der Strassen-Entwürfe in Ebenen anwendet, und im Allgemeinen alle zum nivelliren bestimmte Instrumente, geben nur den scheinbaren Horizont an.

Man hat Tafeln berechnet, um für alle Entfernungen die äussern Stücke der Sekante zu bestimmen, welche die Grösse angeben, um die die Tangente oder der scheinbare Horizont über dem wahren Horizonte liegt, und die dazu dienen, die Operation zu korrigiren, wenn die horizontalen Entfernungen vom Instrumente bis zu den Punkten einer und derselben Beobachtung unter sich ungleich sind.

Diese Aufgabe der Elementar-Geometrie giebt für eine Entfernung von 1000 Klaftern (6000′) eine Abweichung von 132,166 Linien des wahren Horizontes unter dem scheinbaren. [30])

Bei den Abwägungen für Strassen-Arbeiten hat man selten nöthig Verbesserungen dieser Art vorzunehmen, weil man stets die Aufmerksamkeit hat, die Wasserwage ungefähr in die Mitte jeder Station zu stellen.

Jede Station vergleicht wenigstens zwei Punkte des Geländes in einem Längen-Nivellement, das heisst nach der Längen-

[30]) Um die Abweichung des scheinbaren Horizontes vom wahren für eine gegebene Länge zu finden, sey in fig. 4bis, Tafel II ab der scheinbare und ad der wahre Horizont, so ist der gesuchte Abstand = b d. Nach bekannten Lehren der Geometerie ist aber die Tangente ab die mittlere Proportionale zwischen dem äusseren Stück der Sekante bd und der ganzen Sekante bg; sezt man daher ab = l, bd = x und ac = r, so hat man

$$l^2 = x\,(2r + x) \text{ oder}$$

$$x = \frac{l^2}{2r}$$

da man im Nenner x, welches im Vergleich zu 2 r sehr klein ist, ohne merklichen Fehler hinweglassen kann. Am Ende dieser Abtheilung ist eine Tafel für diese Abweichungen im Meter-Maasse berechnet und dabei der Erdhalbmesser zu 6 Millionen Meter angenommen, beigefügt. —

achse einer Strasse; der eine heisst der Vorblick, der andere der Rückblick; die anderen Beobachtungen, wenn es deren giebt, heissen Zwischenblicke.

Jede Station bildet ein einfaches Nivellement.

Ein Nivellement, welches aus mehreren auf einander folgenden Stationen besteht, heisst ein zusammengeseztes Nivellement. Jeder Theil des einfachen Nivellements knüpft sich an das zusammengesezte durch den Rückblick an, der auf den Punkt gemacht wird, welcher das Objekt des Vorblickes von der vorhergehenden Station war, uud der folglich die Beziehung der Lage zwischen diesen beiden Stationen herstellt.

Die Vor- oder Rückblicke dürfen, um die nöthige Genauigkeit zu haben, nicht mehr als 30 Meter (102,78′) von dem Instrumente entfernt seyn, wenn man sich der Wasserwage bedient, die am allgemeinsten zur Abwägung eines Strassenzuges in der Ebene angewendet wird.

Hat man in der nemlichen Station alle zum Entwurfe nöthigen Zwischenpunkte genommen, so verstellt man dann das Instrument und trägt es gegen die Mitte des Zwischenraumes, aus welchem die zweite Station besteht.

Es ist einleuchtend, dass man nicht nöthig hat, das Instrument in die Richtung der Strasse zu stellen. Die Visirlinien, welche immer in einer horizontalen Ebene liegen, bestimmen in Bezug auf diese Ebene die betreffenden Abstände der Gelände-Punkte, welche auch die Stellung der Wasserwage seyn mag.

Es ist nöthig, beim Führen des Nivellement-Brouillon's, was auf dem Felde geschieht, zur Vermeidung von Fehlern, eine gewisse Ordnung zu beobachten.

Der beim Strassen- und Brückenbau in dieser Hinsicht angenommene Gebrauch ist, die Zahlen der verschiedenen Höhen an Senkrechten zu schreiben, welche man auf die, die Horizontallinie bezeichnende Horizontale gezogen hat; jene vorwärts und jene rückwärts stehen in demselben Felde, die eine rechts, die andere links von jeder Senkrechten, daher ist jeder Endpunkt einer Station oder des einfachen Nivellements zweimal mit Ziffern bezeichnet. Die Zwischenblicke tragen nur eine einzige Zahl.

Man zeichnet unter die Senkrechten die Krümmungen und Biegungen des Geländes. Diese Vorsicht trägt gleichfalls dazu bei, Fehler zu vermeiden.

Auf die Horizontallinie sezt man, zwischen jede Senkrechte, den horizontalen Abstand, welcher sie trennt.

Die Fig 8, Taf. I. stellt ein Brouillon eines Längen-Nivellements mit den dazu gehörigen Querprofilen dar.

Es ist offenbar nöthig, die verschiedenen Stationen, aus denen ein zusammengesetztes Nivellement besteht, auf eine einzige zu reduziren. Diese Reduktion findet mittels der Operation Statt, welche man ein Nivellement auftragen nennt.

Durch diese Operation, welche eine Büreau-Arbeit ist, trägt man die Profile nach zwei verschiedenen Achsen auf, und erhält zum Resultat einen vertikalen Durchschnitt des Geländes, über welches die Leitlinie geht.

Um ein Nivellement aufzutragen, beginnt man damit von der stärksten die schwächste der Zahlen der Rück- und Vorblicke abzuziehen. Der Unterschied wird mit dem Zeichen plus bezeichnet, wenn die erste kleiner ist als die zweite, und mit dem Zeichen minus im entgegengesezten Fall.

Diese Unterschiede werden horizontal mit ihrem Zeichen auf die Minute des Nivellements geschrieben; man sezt sie in jedes durch die betreffenden Senkrechten gebildetes Feld.

Nachdem das Nivellement auf der Minute so vorbereitet ist, nimmt man zur Bestimmung der Lage des ersten Punktes vom Nivellement unter der Horizontalen eine solche Hülfs-Zahl an, damit sie zur Subtraktion der Summe aller steigenden Zahlen ausreiche und das ganze Nivellement unter diese Horizontallinie gesezt werden könne.

Alle folgenden Zahlen bestehen aus der ersten, mehr oder weniger durch die folgenden Differenzen modifizirt.

Man schreibt sie gewöhnlich schwarz und nennt sie Gelände-Zahlen zum Gegensaz von denen, welche Entwurfszahlen heissen, und die man roth schreibt; wir werden bald von diesen sprechen.

Man zieht die Linie des Geländes nach diesen neuen Zahlen und das Nivellment ist aufgetragen.

Will man nur die respektive Lage von den zwei äussersten Punkten eines zusammengesezten Nivellements kennen, so hat man nicht nöthig, indem man die Geländ-Linien zieht, das Nivellement aufzutragen; man begnügt sich, die Summe der Differenzen von jedem Zeichen zu machen, zieht das kleinste Resultat von dem grössten ab, und je nachdem die Differenz positiv oder

negativ ist, hat man die Grösse, um welche der lezte Punkt über oder unter dem ersten liegt. [31])

Jedes Nivellment, selbst die für Strassen-Entwürfe, welche keine so grosse Genauigkeit erfordern, als die welche Kanal-Projekte oder andere hydraulische Arbeiten erheischen, — muss indessen verifizirt werden.

[31]) Eine andere sehr gebräuchliche Methode ein Nivellement aufzunehmen und aufzutragen ist folgende: über dem Gelände-Punkte No. 1, an dem man das Nivellement beginnt, denke man sich in einer beliebigen Höhe, welche jedoch über dem höchsten zu bestimmenden Punkte liegen muss, eine horizontale Ebene, die gewöhnlich allgemeiner Horizont (*niveau général*) genannt wird. Auf diese Ebene werden alle, durch das Nivellement zu bestimmenden Punkte bezogen. Nun ziehe man von der über No. 1 angenommenen Höhe = a des allgemeinen Horizontes den Rückblick auf No. 1 = r ab, und addire zu dem Reste a — r den Vorblick auf No. 2 = v, so giebt die Summe a — r + v den Abstand des Geländpflockes No. 2 von dem allgemeinen Horizonte an; den v — r ist der Höhen-Unterschied der Geländepflöcke No. 1 und No. 2 und a ist der Abstand von No. 1 zum angenommenen allgemeinen Horizonte, folglich ist a + v — r oder a — r + v der gesuchte Abstand von No. 2 zu derselben Ebene. Nun seze man den lezteren Abstand = a, so findet man auf der zweiten Station auf dieselbe Weise a″, den Abstand von No. 3 zum allgemeinen Horizonte, indem man von a′ den Rückblick auf No. 2 = r′ abzieht und zum Reste a′ — r′ den Vorblick auf No. 3 = v′ addirt: Es ist also: a″ = a′ — r′ + v′ u. s. w.

Um auf einer beliebigen Station, z. B. auf der zweiten, die Höhen oder Abstände der Zwischenpunkte zu bestimmen, addire man zu dem Reste a′ — r′ den Vorblick m auf den zu bestimmenden Zwischenpunkt, so giebt die Summe a′ — r′ + m den Abstand jenes von dem allgemeinen Horizonte an.

Diese Methode bietet den Vortheil dar, sogleich auf dem Felde den Höhen-Unterschied zweier beliebigen Geländepunkte durch einfache Subtraktion ihrer Abstände zum allgemeinen Horizonte zu bestimmen: für No. 1 und No. 3 sey dieser Höhen-Unterschied = h, so findet man h = a′ — a.

Nivellirt man längs eines stehenden oder fliessenden Gewässers und bestimmt man sogleich beim Anfange des Nivellements den Abstand des Wasserspiegels von dem allgemeinen Horizonte auf dieselbe Weise, wie man den eines Zwischenpunktes bestimmt, so kann man durch die Bestimmung des Abstandes vom Wasserspiegel zum allgemeinen Horizonte bei einem andern beliebigen Punkte und durch die Vergleichung dieses Abstandes mit dem vorher bei No. 1 oder sonst wo für den Wasserspiegel gefundenen Abstande, sich überzeugen, dass man, wenn das Wasser stehend ist, keinen, und wenn es fliesssend ist, wenigstens keinen erheblichen Fehler begangen habe. Im leztern Falle beurtheilt man das Gefälle nach der zwischen beiden Beobachtungen liegenden Entfernung, indem zugleich das Fallen oder Steigen, während man operirt, berücksichtigt wird.

Für die Verifikation der auf Strassen-Entwürfe bezüglichen Nivellements begnügt man sich, sie in grossen Strecken von 200^m — 300^m (687′ — 1027′) Abstand zu wiederholen, ohne jedoch die Zwischenräume zu messen, und wenn das Resultat auf beinahe 2 bis 3 Centimeter (10 — 15 Linien) mit dem des ersten Nivellements übereinstimmt, so schliesst man hieraus, dass die Arbeit hinlänglich genau sey. —

Was die auf hydraulische Arbeiten bezüglichen Nivellements anbelangt, so müssen sie, mit der grössten Sorgfalt, mit einer mit Ferngläsern und Luftblase versehenen Wasserwage angefertigt und jedes einfache Nivellement muss besonders und verschiedenemal verifizirt werden, bis man vollkommen ähnliche Resultate erhält.

Für die Anfertigung eines Strassen-Entwurfes ist ein Längen-Profil nicht hinreichend; man muss auch noch wissen, wie sich das Gelände links und rechts von der Leitlinie, auf die Breite des Projektes, gestalte. Diese Kenntniss wird durch das Quer-Profil gegeben.

Man muss soviele Querprofile nehmen, als es die Lokalitäten verlangen; diese Profile haben mit dem Längen-Profile einen Punkt gemein, und indem man die Differenzen der links und rechts der Leitlinie beobachteten Punkte entweder addirt oder abzieht, erhält man die Lage des Geländes in der ganzen Ausdehnung des Quer-Profiles.

Diese Querprofile sind mit Nummern versehen, welche ihre Übereinstimmung mit dem Längen-Profile bezeichnen.

Indem man das Nivellement macht, trägt man Sorge, die Sonden zu nehmen, welche die Natur des Bodens geben; endlich darf man keinen der Aufschlüsse vernachlässigen, welche ferner zur vortheilhaften Bestimmung des Entwurfes dienen können.

Die Querprofile, welche je zwei und zwei genommen, die Erhabenheit des Geländes darstellen, sind es, woraus die Theilung des Geländes, von einem Profile zum andern, in mehrere vieleckige Streifen mit windschiefen Flächen, hervorgeht; diese Flächen, werden durch die Bewegung einer, mit der Vertikal-Ebene parallelen und durch die Strassenachse gehenden Linie erzeugt, deren-Endpunkte sich auf die, durch die Profile gegebenen Linien des Geländes stüzen.

Dis ist die angenommene Erzeugung des Geländes, um die fernern Verrichtungen zu erleichtern.

Diese hypothetische Erzeugung des Geländes ist von der, von dem verstorbenen Senator **Monge** und dem Ingenieur **Meusnier** für die graphische Auflösung der Aufgabe des Defilements erdachten verschieden; in dieser wird das Gelände durch horizontale, in verschiedenen Höhen geführte Schnitte dargestellt, und durch Kurven begränzt, die alle Zahlen (cotes) von gleicher Abmessung einschliessen.

Der Gegenstand, welchen der Ingenieur **Meusnier** sich vorsezte, erfordert diesen Gang; allein der für die Strassen-Entwürfe angenommene, obgleich weniger streng, ist in Bezug auf das Ergebniss hinreichend genau.

Die Querprofile sind immer auf der Leitlinie senkrecht; sie müssen in einer hinreichend grossen Anzahl vorhanden und so gewählt seyn, dass man keine Mittelzahl zwischen zwei Profilen zur genauen Darstellnng des Geländes wünschen könne.

Alle diese Details beziehen sich auf das Nivellement für die Entwürfe der Strassen in ebenen Gegenden: das in gebirgigen Gegenden wird durch andere Mittel ausgeführt, welche mehr fördern, als die vorhergehenden. Diese lezten lassen sich nur sehr schwer und durch sehr vervielfachte Operationen auf Strassenzüge in Gebirgs-Gegenden anwenden.

XV. Vorlesung.

Von dem Neigungsmesser für die Bestimmung des Zuges der Strassen in Gebirgs-Gegenden. — Anwendung auf die Bestimmung eines Zuges. — Neue Betrachtungen und allgemeine, auf den Zug dieser Art Strassen anwendbare Grundsäze. — Bestimmung der Neigungen und Steigungen auf einem aufgetragenen Nivellement für einen Strassen-Entwurf in der Ebene. — Berechnung der rothen vertikalen Zahlen. — Methode diese rothen Zahlen gleichzeitig mit dem Zuge durch den Neigungs-Messer und ohne ein aufgetragenes Nivellement zu erhalten. —

Das für die Bestimmung des Zuges der Strassen in Gebirgs-Gegenden am allgemeinsten angenommene Nivellir-Instrument, ist dasjenige, welches Neigungsmesser (éclimetre) heisst.

Es hat eine Luftblase und ist einer grossen Genauigkeit fähig.

Die Lage der Visir-Linie ist veränderlich von Null, welches die horizontale Linie angiebt, bis zu den stärksten Steigungen, welche angewendet werden können. Diese Veränderlichkeit der Visirlinie erhält man mittels einer im vertikalen Sinne beweglichen Kippregel; sie giebt die Tangenten der Neigungswinkel durch eine Gradeintheilung an, deren Unterabtheilungen mit Genauigkeit durch einen Nonius bezeichnet sind. Die Visirlinie ist alsdann die Sekante der verschiedenen Neigungswinkel.

Da diese Visirlinie im Instrumente eine Parallele mit der Neigungslinie des Entwurfes ist, so giebt der Neigungsmesser alle Punkte der Neigung an, welche man auf dem Gelände braucht, ohne dass man genöthigt ist, die horizontalen Abstände zu messen.

Alle diese Nullpunkte des Geländes bestimmen die Leitlinie der Strasse.

Dieses Instrument beschleunigt sehr die Bestimmung des Zuges in Gebirgs-Gegenden und gewährt den Vortheil, schnell und nach und nach mehrere Züge, welche einen Berg auf verschiedene Arten entwickeln, zu versuchen; zwischen denselben sucht dann der Ingenieur denjenigen aus, welcher die meisten Vortheile darbietet. —

Die Bestimmung des Zuges einer Strasse in Gebirgs-Gegenden kann gleichfalls mit der gewöhnlichen Wasserwage geschehen; allein die Operation ist weniger genau. —

Die Vergleichung der Details von der Operation eines Zuges mit dem Neigungsmesser und mit der gewöhnlichen Wasserwage läst in dieser Hinsicht keinen Zweifel zu.

Um mit der gemeinen Wasserwage in einer gebirgigen Gegend einen Strassenzug zu bestimmen, ist es nöthig, gleichzeitig an jedem Standpunkte die Operation eines einfachen Nivellements zu widerholen, die Visirlatte dann für eine schickliche Entfernung zu richten und diese Entfernung auf dem Gelände zu messen, indem man einen Bogen beschreibt, welcher diese Entfernung zum Halbmesser hat; der Punkt des Geländes, wo die so gerichtete Visirlatte dem Visirstrahle des Nivellir-Instrumentes entspricht, ist der Punkt des Zuges, den man sucht: eine eben so lange, als schwer ausführbare Operation, wegen der vielen Hindernisse, die sich gewöhnlich vorfinden, und die sowohl beim Beschreiben des Bogens, als bei den mit dem Instrumente zu machenden Beobachtungen geniren.

Die Vergleichung dieser beiden Mitteln, die Strassenzüge in Gebirgs-Gegenden zu bestimmen, ist einleuchtend ganz zum Vortheil des Neigungsmessers.

Um, wenn man die Leitlinie mit dem Neigungsmesser bestimmt, die Querprofile zu erhalten, bedient man sich gewöhnlich der Wasserwage oder schlechtweg der Sezlatte und der Bleiwage: diese Operation, so wie jene, welche man manchmal vorzunehmen genöthigt wird, um ausserhalb dem Zuge liegende und für die Berichtigung der Kurven des ursprünglichen Zuges erforderliche Nivellements-Punkte zu erhalten, findet erst Statt, wenn dieser ursprüngliche Zug definitiv festgesezt ist. —

Nachdem wir den Gebrauch des Neigungsmessers gezeigt und seine Vortheile dargestellt haben, ist hier der Moment, auf

deu Zug der Strassen in Gebirgs - Gegenden zurückzukommen, und das, was sich auf diesen Gegenstand bezieht, zu beendigen, indem wir einige allgemeine Grundsäze aufstellen, welche dem Ingenieur bei Bestimmung des Zuges dieser Art von Strassen als Führer dienen sollen.

Bevor man mit der Bestimmung eines Strassenzuges beginnt, welcher auf der Hänge eines Berges, dessen Rücken, um ein Thal zu verlassen, zu ersteigen ist, entwickelt werden soll, — ist es unerlässlich, dass der Ingenieur, mit einer vollständigen Kentniss des Terrains, insbesondere die von der Lage der Nebenthäler verbinde, welche sich mit dem, nach der Länge oder Quere vom Strassen - Entwurf durchschnittenen Hauptthale verzweigen; die Richtung von demjenigen dieser Nebenthäler, welches sich am meisten der allgemeinen Richtung der Strasse nähert, ist diejenige, welche, in Bezug auf die Natur des Bodens, unter übrigens gleichen Umständen, für die Herstellung des Zuges vorgezogen werden muss. Die Leichtigkeit der Entwickelungen, der Gebrauch, den man in diesem Falle von sanften Steigungen machen kann, ohne den Weg unnöthiger Weise zu verlängern, sind die kostbaren Vortheile, welche man benüzen muss. Allein wenn die Punkte, wo man das Thal zur Ersteigung des Gebirg-Rückens verlassen muss, so wie die Anlange-Punkte auf dem Rücken der Lage nach durch Lokal-Umstände, denen der Entwurf unterworfen ist, gegeben sind, so muss die Entwickelung zwischen diesen Endpunkten Statt finden; — und wenn die Länge dieser direkten Entwickelung nicht hinreichend ist, damit das Ergebniss des Zuges Steigungen darbiete, welche die Grenze von 5 Zoll auf die Klafter nicht übersteigen, so ist der Ingenieur genöthigt, den Zug auf sich selbst zu krümmen, und so ein oder mehrere Zikzak zu bilden, damit durch diese künstliche Entwickelung Steigungen erlangt werden, welche für das Fuhrwerk fahrbar sind. Diese Art von Zug bietet viele Missstände dar; man soll sie nur anwenden, nachdem man vergeblich einen direkten Übergang versucht und sich von der Unmöglichkeit ihn zu erhalten, überzeugt hat. —

Diese Überzeugung ist durch den Neigungsmesser leicht zu erlangen: denn in der That, wenn man das Instrument auf einen Punkt stellt, welcher mit dem des Abgangs korrespondirt, und zwar auf eine solche Art, dass man den Punkt, wo man auf dem Rücken anlangt, sehen kann, so erhebt man die bewegliche

Kippregel, indem man sie gegen diesen Punkt richtet. Da die ansteigende, durch den Visirstrahl gegebene Ebene sich wenig von derjenigen unterscheidet, welche sich aus dem, auf der Hänge liegenden Zuge ergiebt, so kann man hieraus schliessen, ob die Steigung, welche das Instrument anzeigt, dem Entwurfe zusage oder nicht, und ob es der direckte Zug, oder ein Zikzak ist, welches Statt finden muss.

In Ermangelung eines Neigungsmessers würde der Ingenieur genöthigt seyn, bevor er sich über die Art des anzuwendenden Zuges entschliesst, durch ein besonderes Nivellement die absolute Höhe des Gebirgs, zwischen den Punkten des Abganges und der Ankunft zu finden; er müsste überdis die Entfernung zwischen diesen Punkten, der sie vereinigenden ansteigenden Ebene folgend, messen lassen; und indem er die absolute Höhe mit dieser Länge dividirt, würde er die Steigung auf die Klafter, welche aus dem Zuge entspringt, finden.

Der Ingenieur könnte die Arbeit des besondern Nivellements mit der Wasserwage, um die betreffende Höhe der zwei Endpunkte des Zuges zu erhalten, in der That noch abkürzen, wenn er sich des Reise-Barometers bedient, und die Resultate der Beobachtungen mittels der Formel des Hrn von Prony, die in seinem Kursus der Mechanik eingerückt ist, berechnet; man erhält ihre Lage mit ziemlicher Genauigkeit für einen Strassen-Entwurf, wenn der Unterschied der Höhen nicht zwölf bis 15 Hundert Fuss übersteigt; allein man ist immer genöthigt, um die Steigung des Zuges zu kennen, die Länge der steigenden Entwickelung zu messen, die diese Punkte trennt. Daher ist die Anwendung des Barometers auf die Bestimmung des Strassenzuges nicht so vortheilhaft, als der Gebrauch des Neigungsmessers; allein sie ist vortrefflich für die Rekognoscirung einer Gegend, welche einen Kanal mit Theilungs-Punkt erhalten soll. [32])

[32]) Sehr bald nach Erfindung des Barometers fasste man die Idee, dass es zu einer sehr einfachen Art von Höhenmessungen brauchbar seyn müsse. Aber obgleich schon Halley am Ende des 17. Jahrhunderts den Grund zu einer richtigen Theorie legte, so dauerte es doch lange, ehe es gelang, den Einfluss von Nebenkräften auf bestimmte und ziemlich sichere Regeln zurückzuführen. Das wichtigste leistete hiebei De Luc, und besonders neuerlich La Place. — Um eine feste Grundlage der Theorie zu gewinnen, muss zuerst blos untersucht werden, in welcher Abhängigkeit eine zu messende Höhe x von den beiden Barometerhöhen H und h an dem untern und oberen Endpunkt

In allen Fällen ist es bei der Bestimmung eines Strassenzuges in Gebirgsgegenden ein allgemeiner Grundsaz keine gleichförmige Neigung auf die ganze Steigung der Entwickelung anzuwenden, sondern die stärksten Steigungen, von unten anfangend,

der Höhe stehe, so fern in den Hauptkräften, wovon diese Höhen abhängen, nemlich in der Schwere und Expansivkraft der Luft, keine Veränderung vorgeht. Es lässt sich aber ohne Schwierigkeit beweisen, dass unter diesen Voraussezungen

$$x = M\,(\text{Log. } H - \text{Log. } h)$$

seyn würde, in welchem Ausdruck M ein durch Versuche bestimmbarer Koeffizient ist, der einen ganz bestimmten und unveränderlichen Werth hat, so fern in dem angenommenen Zustande der Luft keine Veränderung vorgeht.

Um zuerst den Sinn der zu lösenden Aufgabe deutlich zu fassen, seyen A und B Fig. 23, Taf. V, zwei Punkte, welche in verschiedener Höhe über einem bestimmten Horizont (etwa über dem Horizont des nächsten Meeres) liegen, es soll bestimmt werden, wie hoch B über A liege. Legt man nun durch den niedrigeren Punkt A eine wagrechte Ebene A D, und fället aus B auf dieselbe das Loth B D, so ist dieses die gesuchte Höhe. Errichtet man aber in A die Lothrechte A C, und zieht aus B die Wagrechte B C, so ist klar, dass auch $CA = BD = x$ die zu bestimmende Höhe ist. — Nimmt man nun an, dass die Luft über AB im Zustande des Gleichgewichtes sey, so muss auch in der Linie B C überall gleicher Barometerstand seyn. Kennt man also den Barometerstand in B, den wir h nennen wollen, so kennt man auch den in C. In der Linie A C aber nimmt der Barometerstand von unten nach oben, nach dem Gesez einer geometrischen Reihe ab. Um dieses zu zeigen, denke man sich in Fig. 24, Taf. V zwischen den Linien AP und a Q eine Luftsäule, die bis zur Grenze des Luftkreises reicht, in welcher aber überall gleiche Wärme und Mischung vorhanden wäre. Man theile A P von unten in gleiche Theile AB, BC, CD, etc., und lege durch die Theilpunkte die wagrechten Ebenen A a, B b, C c, etc. Die Grösse der Theile AB, A C etc. ist eigentlich beliebig, nur denke man sie sich zuerst so klein, dass man die Dichtigkeit zwischen A a und Bb, zwischen Bb und Cc u. s. f. als gleich betrachten könne. Die Buchstaben α, β, γ, δ, etc. mögen nun die D i c h t i g k e i t der Luft in jeder Schichte, in welcher sie stehen, bedeuten. Die kleinen Buchstaben a, b, c, d, etc. aber sollen die Barometerhöhen oder den D r u c k der Luft, an der Stelle, wo sie stehen, andeuten. — Dieses vorausgesezt, so lässt sich das Verhältniss der Dichtigkeiten $\alpha : \beta$ auf zweierlei Art ausdrücken:

1) Nach dem blossen Begriffe der Dichtigkeit; denn diese verhält sich bei gleichem Volumen ganz allgemein, wie das G e w i c h t. Nun ist aber das Gewicht der ganzen Luftsäule von oben bis A a gleich dem Gewichte einer Quecksilbersäule von der Höhe a; eben das Gewicht von oben bis Bb, ist dem Gewichte einer Quecksilbersäule von der Höhe b gleich. Also ist das Gewicht der untersten Schicht A a B b = a — b. Auf dieselbe Art ergiebt sich, dass das Gewicht von Bb Cc = b — c sey u. s. w Daher verhält sich:

$$\alpha : \beta = a - b : b - c.$$

zuvor anzulegen und sie zu vermindern, indem man zu dem Scheitel des Gebirges gelangt. —

2) Nach dem Mariotte'schen Geseze verhält sich aber auch bei gleicher Wärme und Mischung, die Dichtigkeit, wie der Druck, also

$$\alpha : \beta = b : c.$$

Denn die unterste Schicht Aa Bb leidet den Druck b, die folgende Bb Cc den Druck c, u. s. f. Aus beiden Proportionen folgt also

$$a - b : b - c = b : c,$$

oder mit Versezung der mittleren Glieder,

$$a - b : b = b - c : c;$$ desgleichen nach bekannten Säzen

$$a : b = b : c$$

Da sich nun offenbar auf dieselbe Art beweisen lässt, dass

$$b : c = c : d$$
$$c : d = d : e \text{ u. s. f,}$$

so ist klar, dass die Grössen a, b, c, d, e, etc (d. h. die Barometerhöhen, oder der Druck, oder die Expansivkräfte, und nach dem Mariotte'schen Geseze auch die Dichtigkeit der Luft in den Punkten A, B, C, D, E etc.) eine abnehmende geometrische Reihe bilden, deren Faktor (Exponent), wenn AB, BC etc. nicht sehr gross sind, nur sehr wenig kleiner, als 1 seyn wird.

Man stelle sich nun vor, in Fig. 23, Tafel V sey die Höhe AC in gleiche Theile von bekannter Grösse (z. B. in Toisen, Klafter oder Ruthen etc.) getheilt, so ist x eigentlich nichts anders als die Anzahl dieser Theile. Da nun die Barometerhöhen in allen Theilpunkten eine geometrische Reihe bilden, so seze man die Barometerhöhe in dem untersten Punkte A = H, und den Faktor (Exponent) der Reihe $= \frac{1}{m}$, so bilden die Barometerhöhen in den Theilungspunkten folgende geometrische Reihe:

$$H; \frac{H}{m}; \frac{H}{m^2}; \frac{H}{m^3}; \text{ etc.}$$

die Barometerhöhe am Endpunkte des xten Theiles, (also in C) wird also $H : m^x$ seyn. Da wir aber diese = h gesezt haben, so erhalten wir die Gleichung $h = \frac{H}{m^x}$. Hieraus folgt weiter $h\, m^x = H$, und in Logarithmen

$$x \text{ Log. } m = \text{Log. } H - \text{Log. } h; \text{ u. } x = \frac{1}{\text{Log. } m} (\text{Log. } H - \text{Log. } h).$$

So fern nun in der Schwere und Expansivkraft der Luft keine Veränderung vorgeht, ist m eine völlig bestimmte und unveränderliche Grösse; folglich ist auch Log. m und 1 : Log. m eine solche. Sezt man nun 1 : Log. m = M, so erhält man wie oben: $x = M (\text{Log. } H - \text{Log. } h)$.

Die weitere Untersuchung betrifft nunmehr die nähere Bestimmung des Koeffizienten M. Unter Voraussezung eines ganz bestimmten Zustandes der Luft hat diese keine Swierigkeit. Denn, wenn nicht nur B und b betrachtet, sondern auch x selbst unmittelbar durch geometrische Messung bestimmt wird, so hat man

$$M = \frac{x}{\text{Log. } H - \text{Log. } h}.$$

Diese Vertheilung der verschiedenen Steigungen zwischen den Punkten des Abganges und der Ankunft hat zum Zweck, die Schwierigkeiten des Fuhrwerkes nach Maassgabe der Erschö-

Man übersehe nicht, was im Anfange dieser Bemerkung ausdrücklich gesagt worden, dass der Koeffizient M nur in so fern beständig sey, als keine Veränderung in dem Zustande der Luft vorgeht. Man bemerkte sehr bald, dass die Wärme einen bedeutenden Einfluss habe, und man hielt diese lange, wo nicht für das Einzige, doch für das, bei weitem Überwiegende, was den Werth von M abändern könne. Daher stellte De Luc eine überaus grosse Menge von Versuchen an, um 1) für irgend eine bestimmte Temperatur den Werth von M auf die eben beschriebene Art zu bestimmen, und 2) zu finden, welchen Einfluss höhere und niedrigere Wärmegrade haben. Das Resultat seiner mühsamen Untersuchungen war 1) dass bei einer Temperatur von $16^3/_4$ Grad der 80 theiligen Skale, genau M = 10000 sey, wenn man x in Toisen (von 6 Fuss des alten franz. Maasses) ausdrückt; 2) dass man für jeden Grad über dieser Temperatur, den 215ten Theil der gefundenen Höhe vom Ganzen subtrahiren, für jeden niedrigeren Grad aber eben so viel addiren müsse. Diese Regel lässt sich durch folgende Formel darstellen: x = 10000. $\left(1 \mp \frac{t}{215}\right)$ (Log. H — Log. h), in welcher t anzeigt, wie viel Grade die wirkliche Temperatur von der Normal-Temperatur $16^3/_4{}^0$ verschieden ist. Die Vorzeichen sind $\mp$, weil man für Grade über $16^3/_4$ subtrahiren, für Grade unter $16^3/_4$ aber addiren muss.

Das Wichtigste, was nach De Luc zur Vervollkommnung der Theorie geleistet worden, verdankt man dem Scharfsinn des berühmten La Place. Durch seine tiefen Einsichten in die höhere Analysis, und in Verbindung mit den äusserst sorgfältigen Versuchen von Biot, Gay-Lussac und Arago ist es ihm nicht nur gelungen, den Einfluss der Temperatur genauer als De Luc zu bestimmen, sondern er hat selbst den Einfluss, welchen die kleinen Verschiedenheiten der Schwerkraft an verschiedenen Orten des Erdbodens oder in verschiedenen Höhen haben, in seine Formel aufgenommen; wodurch Rechnung und Wirklichkeit einander noch näher gebracht sind. Die Schwierigkeit der Thorie erlaubt uns hier blos die Formel mitzutheilen, und zwar in der einfacheren Gestalt, in welcher sie Biot in seinem *Essai de Phys.* Tom. I. p. 101 gegeben hat. Sie ist folgende:

$$x = 18393^{m} \left(1 + 0{,}002837 \text{ Cos. } 2\,\psi\right) \times \left(1 + \frac{2\,(T + t)}{1000}\right) \text{ Log. } \frac{H}{p}$$

Die Buchstaben x, H, h haben die oben angeführte Bedeutung; m bedeutet Meter; ψ ist die Polhöhe; T und t sind die Temperaturen der Luft in beiden Stationen, nach der 100theiligen Quecksilberscale; H und h sind die wegen der Wärme corrigirten Barometerhöhen. Wir fügen noch einige Bemerkungen über das praktische Verfahren bei barometrischen Höhenmessungen hinzu.

1) Die nöthigen Werkzeuge sind: a) ein sehr sorgfältig gearbeitetes, und besonders mit einer sehr genauen Scale versehenes Barometer, neben welchem auf demselben Brett ein kleines Thermometer befestigt seyn muss, welches

pfung der Kräfte des Pferdes zu vermindern; allein dieser Grundsaz wird nicht so streng beobachtet, dass man nicht allemal davon abweichen könnte, wenn seine Anwendung eine beträchtliche Vermehrung des Aufwandes erheischen würde. [33])

nicht den Zweck hat, die Temperatur der Luft, sondern die des Quecksilbers im Barometer genauer zu bestimmen, als es durch ein entfernteres Thermometer geschehen könnte; b) ein gutes Thermometer mit derjenigen Scale, welche die Formel erfordert, nach der man rechnen will, um die Temperatur der freien Luft zu beobachten; c) zu der Beobachtung ist zwar kein Hygrometer nöthig: aber sehr zu empfehlen ist doch die Beobachtung des Wassergehaltes der Luft, wozu sich kein Instrument so gut eignet, als das Daniell'sche Hygrometer.

2) Eigentlich sind zwei Beobachter erforderlich, die gleichzeitig in A u B fig. 23, Taf. V die Instrumente beobachten. In diesem Falle müssen aber auch die Instrumente doppelt und genau verglichen seyn. Doch kann ein einzelner Beobachter auf folgende Art fertig werden. Er beobachtet zuerst die Instrumente in A, und bemerkt die Zeit der Beobachtung; dann begiebt er sich nach B, und bemerkt wieder die Zeit; endlich kehrt er nach A zurück, und wiederholt die Beobachtung. Findet er sie von der ersten Beobachtung abweichend, so wird er, mit Berücksichtigung der Zeit, und bei einem ruhigen Zustande der Luft, mit hinreichender Genauigkeit berechnen können, wie der Barometer- und Thermometerstand in A, zur Zeit der Beobachtung in B gewesen sey.

3) Der horizontale Abstand beider Stationen, AD oder BC, darf nicht zu gross seyn, weil man sonst nicht berechtigt ist, anzunehmen, dass in der Linie BC überall gleiche Barometerhöhe vorhanden sey. Will man die Höhe zweier entfernter Örter vergleichen, so kann es nur durch eine sehr grosse Menge gleichzeitiger Beobachtungen geschehen. In dem arithmetischen Mittel aller Resultate gleichen sich dann die Fehler in + und — desto sicherer aus, je grösser die Anzahl der Beobachtungen ist. Kennt man die mitttlere Barometer- und Thermometerhöhe beider Orte, so kann man diese bei der Rechnung zum Grunde legen. Denn da alle Bewegungen im Luftkreise nichts als Bestrebungen sind, das gestörte Gleichgewicht herzustellen, so ist man berechtigt, anzunehmen, dass diese mittleren Höhen sich denen nähern, welche bei vollkommenem Gleichgewicht der Luft da seyn würden.

Die vorstehende Note ist aus E. G. Fischer's *mechanischer Naturlehre*, Berlin, 1827, einem der vorzüglichsten Lehrbücher über Physik, gezogen. —

In Wesermann's *Handbuch für Strassen-Bau-Beamte* findet man auch eine ausführliche Anleitung zu Höhenmessungen mit dem Barometer.

Ferner vergleiche man über denselben Gegenstand Eytelwein's *Hydrostatik*, S. 192. u. f. — Berlin bei Reimer, 1826. —

[33]) Es lässt sich hier die Frage aufwerfen, nach welchem Geseze die Abnahme der Steigungen Statt finden müsse, um wirklich der ausgesprochenen Bedingung: die Schwierigkeiten des Fuhrwerkes nach Maass-

Ökonomie und Solidität verlangen, dass die eine Hälfte der Strasse im Abtrag und die andere Hälfte im Auftrag liege, das

gabe der Erschöpfung der Kräfte des Zugviehes zu vermindern, auf die zweckmässigste Weise zu entsprechen.

Wenn auch hier gleich bemerkt werden muss, dass die Ableitung eines solchen Gesezes nur unter gewissen Hypothesen, die der Natur des Gegenstandes angemessen zu seyn scheinen, Statt finden kann, so wird doch die Beschäftigung mit dieser Frage uns einige Resultate liefern, welche in der Praxis nicht ohne Nuzen sind.

Es sey demnach die Last, welche ein Pferd auf einer guten horizontalen Strasse fortzuziehen im Stande ist $= Q$, die Kraft des Pferdes $= P$ und der Reibungs-Koeffizient im Ganzen $= \mu$, so ist bekanntlich

$$P = \mu \, . \, Q \, .$$

Steigt nun die Strasse an, so kann, wenn $P = \mu \, Q$ war, ohne eine Vermehrung der Kraft oder eine Verminderung der Last, aus zweifachem Grunde, die Last Q durch P nicht aufwärts gezogen werden.

1tens. Beträgt die Steigung auf die Länge $= l$, die Höhe $= h$, so hat die Last ein Bestreben, parallel mit der ansteigenden Länge der Ebene mit einer Kraft $= \frac{Q \, . \, h}{l}$ abzugleiten; der senkrechte oder normale Druck auf die schiefe Ebene ist aber jezt, statt Q, nur $\frac{Q \, . \, g}{l}$, wo g die Grundlinie oder sogenannte Projektion der Länge der schiefen Ebene bezeichnet.

Die zur Fortbewegung der Last auf der ansteigenden Strasse erforderliche, mit derselben parallel wirkende Kraft ist also:

$$\frac{\mu \, . \, Q \, . \, g}{l} + \frac{Q \, h}{l} = (\mu \, g + h) \, \frac{Q}{l} \, .$$

Da nun g von l bei kleinen Steigungen bekanntlich wenig verschieden ist, so ist $\frac{Q \, . \, h}{l}$ der Zuwachs an Last auf der schiefen Ebene.

2tens. Die Kraft P erleidet an der ansteigenden Strasse eine Verminderung: denn das Pferd braucht auf derselben zur Fortbewegung seines eigenen Körpers eine grössere Kraft, als auf der horizontalen Strasse; es muss demnach einen Theil der Zugkraft hierauf verwenden, wodurch also diese vermindert wird.

Diese Verminderung wird gewöhnlich $= \frac{P \, . \, h}{l}$ oder $= P \, \text{Sin.} \, \alpha$ gesezt, wo α den Neigungungswinkel der schiefen Ebene mit dem Horizonte bezeichnet. Offenbar aber ist diese Verminderung zu gross, denn die ganze Zugkraft des Pferdes würde erst Null für $\alpha = 90^\circ$, da doch aus Erfahrung bekannt ist, dass Pferde bei einer Neigung von höchstens 30° nicht mehr im Stande sind, eine Last aufwärts zu ziehen. Um also der Wahrheit näher zu kommen, darf von der Abnahme der Zugkraft $P \, . \, \text{Sin.} \, \alpha$ nur ein solcher Theil x in Rechnung genommen werden, bei welchem für $\alpha = 30^\circ$ die ganze Zugkraft verschwindet. — Dieser Bedingung entspricht die Gleichung

heisst, dass die Leitlinie sich auf Null (à Zero) des Geländes

$$x \cdot P \cdot \sin 30^\circ = P$$

oder weil $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ ist,

$$x \cdot \tfrac{1}{2} = 1 \text{ oder } x = 2,$$

folglich beträgt die Zugkraft des Pferdes auf der schiefen Ebene statt P nur

$$P - 2\,\frac{P\,h}{l} = \left(1 - 2\,\frac{h}{l}\right) P.$$

Für den Fall des Gleichgewichtes hat man nun folgende Gleichung:

$$\left(1 - 2\,\frac{h}{l}\right)P = (\mu\, g + h)\,\frac{Q}{l} \quad \text{oder}$$

$$(l - 2\,h)\,P = (\mu\, g + h)\,Q.$$

Hieraus lässt sich, wenn von den drei Stücken, nemlich der Kraft P, der Last Q und der Steigung h auf eine beliebige Länge l zwei gegeben sind die dritte finden: man hat

$$P = \frac{\mu\, g + h}{l - 2\,h} \cdot Q, \qquad \text{(I)}$$

woraus die Anzahl der Vorspann-Pferde bei einer unveränderlichen Last für eine gegebene Steigung berechnet werden kann.

Z. B. die Last Q, welche ein Pferd auf einer horizontalen guten Strasse fortzuziehen im Stande ist, beträgt 1100 ℔ und mit dem Gewichte des Fuhrwerkes 1500 ℔ = Q.

Die Reibung an der Achse und der Widerstand des Rades am Boden sezt man gewöhnlich in diesem Falle = . . . $\frac{1}{10} = \mu$,
also ist die Zugkraft des Pferdes = $\frac{1500}{10}$ = . . . 150 ℔ = P,
wie gewöhnlich für ein Pferd von mittterer Grösse angenommen wird.

Für eine Steigung der Strassen von $5\frac{1}{2}$ Prozent, — nach Sganzin das Maximum auf Kunststrassen, — also für l = 100 und h = 5,5 ist nun g = 99,84, folglich P = 260 ℔.
d. i. ungefähr $1\frac{2}{3}$ der auf horizontalen Strassen erforderlichen Kraft: folglich braucht man in diesem Fall auf 3 Pferde 2 Pferde Vorspann. —

Ferner hat man aus obiger Gleichung

$$Q = \frac{(l - 2\,h)\,P}{\mu\, g + h}, \qquad \text{(II)}$$

woraus sich für die unveränderliche Kraft P und eine beliebige Steigung $\frac{h}{l}$ die Last Q, welche auf der Strasse fortbewegt werden kann, finden lässt; und endlich wird die Steigung h auf eine beliebige Länge l

$$h = \frac{l \cdot P - \mu \cdot g \cdot Q}{2\,P + Q} \qquad \text{(III)}$$

am leichtesten durch Annäherung gefunden, indem man zuerst den Werth von h für g = l berechnet und dann diesen ersten für h gefundenen Werth in g substituirt. Durch Fortsezung ähnlicher Substitutionen kann man h bekanntlich so genau finden, als zu einem beliebigen Zwecke nur immer nöthig ist; Q muss aber immer kleiner, als diejenige Last angenommen werden, welche die Pferde auf der horizontalen Strasse fortziehen können, sonst findet man für h einen negativen Werth, welcher anzeigt, dass die Strasse nicht steigt, sondern fällt. —

befinde. Dieser Grundsaz ist schon aufgestellt worden, als es

Mit Hülfe der gefundenen Formel (III) für die Steigung h sind wir nun im Stande, die Verminderung der Steigung anzugeben, wenn wir wissen, nach welchem Gesez die Abnahme der Zugkraft Statt findet. — Nimmt man an, dass die Abnahme der Zugkräfte oder — was dasselbe ist — die Zunahme der Ermüdung der Pferde mit der Zunahme der zurückgelegten Wege also nach arithmetischer Progression wachse, so lässt sich auch für eine bestimmte Strecke Weges die Abnahme der Zugkraft eines Pferdes bestimmen, wenn man die Länge derjenigen Wegstrecke kennt, welche ein Pferd mit seiner Ladung täglich zurück zu legen im Stande ist. Dieser Weg ist in 8 Stunden, nach Abzug der Ruhezeit, mit der oben angegebenen Last, auf guten Strassen = 5 bayerische Postmeilen oder 37037 Meter. —

Ist also die Länge der Steigung, die erstiegen werden muss, gegeben, so lässt sich, wie aus dem Obigen erhellt, die Abnahme von P auf diese Länge, und durch die Substitution der verschiedenen Werthe von P in die Formel (III) lassen sich die entsprechenden Werthe von h also die Verminderung der Steigung finden.

Wollte man in der Gleichung (III) auf der rechten Seite statt g seinen Werth $\sqrt{(l^2 - h^2)}$ sezen und dann das Wurzelzeichen wegschaffen, so erhält man in Bezug auf h eine unreine quadratische Gleichung, woraus der Werth von h mathematisch genau abgeleitet werden kann. —

Der entwickelte Werth von h selbst führt auf einen etwas zusammengesezten Ausdruck, welcher sich im Allgemeinen nicht mehr reduziren lässt. —

Nach Umpfenbach bildet die Strassenlinie eine Kurve, welche, unter der Voraussezung, dass das Gefälle aufwärts gleichförmig abnimmt, eine Parabel ist. —

Es dürfte Manchem nicht uninteressant seyn, hier die Werthe von μ für verschiedene Arten von Strassen zu finden, da die vom Grafen Rumford, mit grosser Sorgfalt angestellten Versuche nicht sehr bekannt sind:

für Pflaster-Strassen ist μ = ...	$1/5$
für etwas sandige Strassen ist μ = ...	$1/8$
für sehr sandige Strassen ist μ = ...	$3/20$
für frisch beschüttete Kiesstrassen ist μ = . .	$11/40$
und für sehr tiefe Sandwege ist μ = ...	$1/10$

vorausgesezt, dass die Pferde im kleinen Schritt gehen.

Gehen sie im grossen Schritt, so ist für Pflasterstrassen μ = ... $2/5$
und für den Trab μ = ... $3/5$

Bei den übrigen Weg-Arten ist der Einfluss der Geschwindigkeit auf μ unmerklich, und es erhellt hieraus, dass im Trabe, sowohl auf guten Landstrassen, als im tiefen Sande oder Kiese nicht mehr Kraft zur Fortbewegung der Last erforderlich ist, als im Schritte. Diese mit der gewöhnlichen Meinung im Widerspruch stehenden Resultate lassen sich übrigens leicht erklären, wenn man bedenkt, dass auf den obigen Wegen die Ermüdung der Zugthiere bei grösserer Geschwindigkeit, durch die auf dem

sich von den, auf diese Art Strassen anwendbaren Querprofilen gehandelt hat. [34])

Um dieser Bedingung zu genügen, soll der Zug allen Krümmungen der Hänge des Gebirges folgen: es ergiebt sich aus der Beobachtuug dieses Grundsazes, dass der Zug eine Folge von aus - und einspringenden krummen Linien ist.

Die krumme Richtung muss durch die, durch das Nivellir-Instrument gegebenen Anhaltspunkte gehen: man opfert jedoch der Anmuth des Zuges einige dieser Punkte, wenn sie auf das Auge eine unangenehme Wirkung äussern; indessen dürfen die Rektifikationen, von denen ich bald sprechen werde, nur dann von dem ursprünglichen Zuge entfernen, wenn die Lokalitäten es erlauben und wenn hierdurch nicht zu beträchtliche Erd - Arbeiten veranlasst werden.

Wenn es Punkte giebt, von denen der Zug ohne starke Nachtheile sich nicht entfernen kann, so theilen diese Punkte den ganzen Entwurf in partielle Entwürfe und vermehren gewöhn-

Wege sich darbietenden Hindernisse, auch in dem Falle vermehrt wird, wenn sie keine Last zu ziehen haben. —

In Bayern werden, nach den bestehenden Instruktionen, für neue Strassen-Anlagen bei anhaltenden und starken Steigungen von 5 — 6 Prozent alle 120 Ruthen — ungefähr — 80 bis 100 Fuss lange Ruhe-Pläze angelegt. —

[34]) Es lässt sich streng erweisen, dass für das gewöhnliche Strassen-Profil auf Strassenabhängen, — das also auf der unteren Seite mit einer Böschung im Auftrag und auf der oberen mit einem Graben oder einer Rinne versehen ist, — und für eine gleichförmige Neigung des Abhanges, der Auf- und Abtrag sich nie ausgleichen könne, wenn die Leitlinie, wie es hier Sganzin verlangt, auf Null des Geländes gelegt wird. — Man zeichne das Profil, ziehe durch die Strassen-Achse eine gerade, beliebig geneigte Linie, so wird man sich, selbst ohne den leicht zu führenden Beweis, hievon schon durch den blossen Augenschein überzeugen.

Soll daher das Strassen-Profil auf die Hänge so gelegt werden, dass sich Ab- und Auftrag ausgleichen, so muss man jenes entweder von dem Abhange entfernen, oder dasselbe höher legen, je nachdem die Richtung oder die Höhe der Strasse als unverrückbar angesehen werden muss. Das um wie viel lässt sich am schnellsten durch die Zeichnung des Profiles auf den Abhang finden, indem man die Fläche des Auf- und Abtrags berechnet und mit dem Profile so lange rückt, bis diese Flächen gleich sind. Ist der Abhang stark geneigt, so legt man gewöhnlich auf der oberen Seite statt eines Grabens eine Rinne, und wohl auch zur Verminderung des Abtrags — man vergl. die Note 22 — statt der oberen Böschung eine Stüzmauer an.

lich die Schwierigkeit, während dem in einer ebenen Gegend dieser Umstand manchmal die Anlage eines Projektes erleichtert.

Die schwächsten Steigungen müssen auf den Wendepläzen des Zikzaks angebracht werden; sie dienen als Ruhepunkte, auf welchen die Wagen ohne Gefahr sich aufhalten können. [35])

Man muss vermeiden zu steigen um wieder herabzusteigen, und besonders wissen, den Rücken des Gebirges, auf dem sich der Zug entwickelt, zur rechten Zeit zu verlassen.

Die Lage gegen Mittag ist diejenige, welche man vorzugsweise zur Anlegung einer Strasse wählen muss, wenn es die Umstände erlauben.

Dis sind im Allgemeinen die Grundsäze für die Bestimmung des Zuges durch den Neigungsmesser in gebirgigen Gegenden. —

Bevor ich vom Detail der vorzunehmenden Arbeiten spreche, um die Korrektionen, deren der ursprüngliche Zug fähig ist, zu erhalten, muss ich auf die Entwürfe der Strassen in Ebenen zurückkommen und die im Bureau zu machenden Vorarbeiten angeben, um auf einem aufgetragenem Nivellement die Steigungen und Neigungen, welche zusammen den Entwurf bilden, zu bestimmen: die Kenntniss dieser Vorarbeiten ist wegen der Berichtigungen eines, in Gebirgs-Gegenden zu bestimmendeu Strassenzuges, auf welche sie anwendbar sind, nöthig.

Das Längen-Nivellement, aufgetragen und verbunden mit den Querprofilen, bietet die wesentlichen Anhaltspunkte zur Bestimmung der Neigungen dar.

Ökonomie in den Erd-Arbeiten, Ausgleichung des Abtrags gegen den Auftrag, Erleichterung des Fuhrwerkes sind die Bewegründe, welche die Wahl der anzunehmenden Neigungen bestimmen.

Die Linien der Neigung und Steigung eines Entwurfes müssen, soviel als möglich, parallel mit dem Gelände seyn.

Steigen um zu fallen und dann wieder zu steigen ohne absolute Nothwendigkeit ist ein Fehler, den man vermeiden muss.

Die Neigungen der Strassen erster Klasse müssen bei den Zugängen grosser Städte wenigstens eine Länge von 600 Meter (2055′) haben. —

[35]) Am besten ist es also die Wendepläze horizontal anzulegen, wie es auch allgemein gebräuchlich ist.

Diese Längen werden alsdann für die Strassen von geringerer Wichtigkeit vermindert, auf 4, 3 und selbst auf 200 Meter (685′) Länge.

Es fehlt noch an direkten Prinzipien für die Festsezung der Wahl eines Systems von Neigungen, welche das Ganze eines Entwurfes bilden. Allein die Erfahrung eines Ingenieurs zeigt ihm bei der Prüfung des Längenprofiles auf eine leichte Weise, was er am besten zu thun hat.

Man versucht eine erste Idee; wenn sie nicht entspricht, fängt man wieder an; endlich, um mit ganzer Sachkenntniss zwischen mehreren Resultaten zu vergleichen und zu wählen, muss man für jedes der Systeme die Berechnung der Erdmassen machen.

Anhalts-Punkte theilen gewöhnlich einen ganzen Entwurf in einzelne Entwürfe. Dieser Umstand erleichtert, wie schon gesagt worden ist, in einer Ebene die Anlage eines Entwurfes von Neigungen. [36]

[36] Bei Vergleichung zweier Strassenstrecken zwischen denselben unveränderlichen Punkten, hat man vorzüglich folgende Umstände zu beachten. 1) Die Länge und 2) die Steigung der beiden Strecken; 3) die Kosten der Grund-Entschädigungen für das Gelände, auf welches die Strasse ganz oder theilweise gelegt wird; 4) die Kosten der Erd-Arbeiten; 5) die Kosten der Fahrbahn und 6) die Unterhaltungs-Kosten, wobei nicht sowohl auf die respektiven Längen der beiden Strassentheile, die Güte und Nähe des zu Gebot stehenden Materials, sondern auch vorzüglich auf eine freie, dem Luftzug ausgesezte und auf eine über dem Gelände hinlänglich erhabene Lage der Fahrbahn zu sehen ist. Endlich hat man 8) noch die Anmuth und Schönheit des Strassenzuges selbst und seine Umgebungen, so wie bei bedeutenden Längen die Nähe von Wohngebäuden zu berücksichtigen.

Das Verhältniss, welches zwischen der relativen Steigung oder zwischen der Länge und Steigung Statt finden muss, damit unter übrigens gleichen Umständen die beiden Strecken mit gleichem Zeit- und Kraft-Aufwande von den Zugthieren, welche Lasten ziehen, zurückgelegt werden können, — lässt sich nach Note 33 leicht bestimmen.

Denn nach allgemein bekannten Lehren der Dynamik verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Widerstände zweier gleichen Massen oder Lasten. Die Zugkraft steht aber mit dem Widerstande der Last, und die Geschwindigkeit mit dem zurückgelegten Wege im direkten Verhältniss, also verhalten sich auch die zurückgelegten Wege wie die Zugkräfte.

Mittels der Formel I (Note 33) sind wir im Stande, die Zugkraft P für eine beliebige Steigung h auf eine gegebene Länge l, oder das Verhältniss $\frac{h}{l}$ — nemlich die relative Steigung, — also auch den Vortheil zu berechnen,

Die Untersuchung über die Gleichheit des Ab- und Auftrags in einem Strassen-Projekte ist keine Aufgabe, die einer strengen Auflösung durch die Geometrie fähig ist. —

Indessen bietet die Betrachtung über die Wirkung der auf dem Längenprofile projektirten Neigungen, in Bezug auf die sich ergebenden Ab- und Aufträge, gewöhnlich hinreichende Anhaltspunkte dar, um die provisorische Lage zu bestimmen. [37])

Man fasst auf einmal eine gewisse Anzahl von Profilen zusammen; man modifizirt diese Idee durch aufmerksame Prüfung der Resultate, welche sogleich auf den ersten Blick bemerkt werden können, indem man diese Anzahl der Profile vermehrt

den zwei Strassenstrecken von verschiedener Steigung gegen einander darbieten.

Beträgt z. B. bei zwei gleich langen Strassenstrecken die Steigung der einen $5\frac{1}{2}$ Prozent, und liegt die andere horizontal, so verhalten sich die Zugkräfte in dem, Note 33, angenommenen Beispiele wie 5 zu 3; also die Geschwindigkeiten oder zurückgelegten Wege stehen im Verhältnisse von 3 zu 5. — Die horizontale Strassenstrecke darf also um $\frac{2}{3}$ länger seyn, als die mit einer Steigung von $5\frac{1}{2}$ Prozent angelegte, um von den Zugthieren mit demselben Zeit- und Kraft-Aufwande zurückgelegt zu werden.

Herr Umpfenbach sagt in seiner bereits angeführten Strassenbaukunst Seite 69, dass, — da man nicht wisse, in welchem Verhältnisse die Ermüdung der Zugthiere, welche eine Last auf einer geneigten Ebene von gegebenem Gefälle heraufziehen, zu derjenigen stehe, wenn sie dieselbe Last auf einer horizontalen Ebene fortziehen — man sich mit den oberflächlichen Resultaten der Erfahrung begnügen müsse: desshalb nehme man gewöhnlich an, dass bei gleicher Ermüdung der Zugthiere für leichtes Fuhrwerk der Umweg gleich dem Zehnfachen der zu ersteigenden Höhe, für Frachtwägen gleich dem Achtzehnfachen, und wenn Fuhren beiderlei Art, ungefähr in gleicher Anzahl, die Strasse befahren, gleich dem Fünfzehnfachen seyn könne. —

Dass der Staat, welcher für die Sicherheit und Bequemlichkeit des Publikums sorgt, bei Vergleichung der ökonomischen und technischen Vorzüge zweier in Zweifel gezogener Strassenstrecken, nicht wie der Kaufmann, ängstlich nach Prozenten der verwendeten Kapitalien rechnet, bedarf wohl kaum erwähnt zu werden. Denn wollte man die Vortheile, welche z. B. die Umgehung eines Berges gewährt, entziffern, so müsste man im Stande seyn, die Wahrscheinlichkeit der verminderten Gefahren und den Zeitgewinn des Reisenden in Geld anzuschlagen: wie ist dis aber möglich? — Man muss daher diese Wahl der vorurtheilsfreien, strengen Prüfung des Ingenieurs überlassen, welcher mit weiser Sparsamkeit und Umsicht, das Interesse des Staates nie aus dem Auge verlierend, doch auch dessen Würde, bei seinen, das allgemeine Wohl bezweckenden Arbeiten zu behaupten wissen wird. —

[37]) Man vergleiche die Bemerkung Note 21.

oder vermindert; endlich legt man, so gut als möglich, ein System von Neigungen, welches dem Gelände zusagen könne, an, in dem man auf alle andern Bedingungen der Ökonomie in den Erdarbeiten und der Erleichterung für das Fuhrwerk Rücksicht nimmt.

Um den Mangel strenger Grundsäze in dieser Beziehung zu ergänzen, hat man versucht einen Entwurf von Neigungen darzustellen, indem man die Motive ihrer Bestimmung auf einem Stück des Nivellements, dessen Minute (Fig. 7, Taf. II) aufgetragen ist, anzeigt. —

Der zu befolgende Gang, um die Neigungen und die daraus hervorgehenden rothen Zahlen, welche den Ab- und Auftrag anzeigen, zu bestimmen, ist sehr einfach; er verlangt nur ein wenig Aufmerksamkeit, und jeder kann sich eine eigene Methode bilden. Ich werde diejenige angeben, welche beim Strassen- und Brücken-Bau allgemein befolgt wird. Die rothen Zahlen heissen desshalb so, weil es gebräuchlich ist, sie zur Unterscheidung von den Gelände-Zahlen, welche immer schwarz sind, mit rother Tinte zu schreiben. [38])

Die Neigung oder Steigung für die Einheit des Längenmaasses ist durch die absolute Neigung, getheilt durch die Länge der Neigung gegeben. Man erhält dieabsolute Neigung oder Steigung durch Subtraktion der grösten der äussersten Zahlen des Entwurfes von der kleinern.

Jede rothe Zahl wird durch die Vergleichung von jeder Zahl des Nivellements oder des Geländes mit den neuen Zahlen des Entwurfes bestimmt. Man erhält diese leztern, indem man nach der Lage des Terrains in Beziehung auf das Projekt, Grössen, die alle bekannt sind, abzieht oder addirt.

Ein Beispiel der Berechnung einer Steigung und der daraus hervorgehenden rothen Zahlen, angewendet auf das Stück des Längen-Nivellements, welches die 7te Figur der IIten Tafel darstellt und in der die projektirte Linie der Steigung A′ B′ gezogen ist, sezt den Gang dieser Methode auseinander.

[38]) Da *la cote* die Ziffer und *coter* beziffern heisst, so glaubten wir *cotes* durch Zahlen und *cotes rouges* durch rothe Zahlen, in Ermangelung eines deutschen technischen Ausdruckes, übersezen zu dürfen, obgleich *cotes* und *cotes rouges* dem Sinne nach öfters Abstände bezeichnen. — Den Gebrauch dieser rothen Zahlen und ihre Bedeutung giebt Sganzin selbst ausführlich an, wesshalb hier jede nähere Erklärung überflüssig scheint.

Die rothen Zahlen der beiden äussersten Punkten sind in . . $\left\{\begin{array}{l} A' = 4{,}62 \\ B' = 0{,}89 \end{array}\right\}$ und im Auftrag vorausgesezt.

Die Länge der Steigung = 48^{m}
Die ganze oder absolute Steigung = 1,64
Die Steigung auf den Meter . . = 0,034

Die Zahl des Entwurfs im Punkte A = 6,38
Abzuziehen für die Grösse, um welche der Entwurf bis M′ gestiegen ist = 0,034 × 15 . = 0,51

Daher die Zahl des Entwurfes im Punkte M′ = 5,87
Jene des Geländes ist = 9,16

Die Differenz zwischen diesen beiden Zahlen giebt die rothe Zahl im Punkte M′ = 3,29

Sie zeigt einen Auftrag an, weil die Zahl des Geländes stärker ist, als jene des Entwurfes.

Der äusserst einfache Gang ist derselbe, um die rothen Zahlen der folgenden Punkte N und B zu finden.

Sind die Steigung und die Zahlen gefunden, so werden sie roth geschrieben, sobald eine Linie der Steigung oder Neigung, auf die möglichst beste Weise den geforderten Bedingungen und den aufgestellten Grundsäzen entspricht; wenn diese rothen vertikalen Zahlen sowohl auf das Längen-Profil, als auf die Quer-Profile geschrieben sind, so ist der Entwurf festgestellt, und der Aufriss kann nun die andern horizontalen, zur Erdberechnung nöthigen, rothen Zahlen aufnehmen. —

Kehren wir zu den Korrektionen zurück, welche bei einem, mit dem Neigungsmesser aufgenommenen Zuge einer Strasse in gebirgiger Gegend anzubringen sind.

Es wurde gesagt, dass die Punkte, welche sich von dem ursprünglichen Zuge entfernen, durch ein mit der Wasserwage gemachtes Nivellement an jenen angeknüpft werden müssen, um auf gewissen Strecken gefällige Kurven zu erhalten oder Hindernisse zu vermeiden, und manchmal um eine Brücke oder ei-

nen Durchlass über einen zu passirenden Hohlweg schicklich anzubringen.

Nachdem auf dem Felde mittels der gelehrten Methoden, die Kurven, die den angenommenen Berichtigungen entsprechen, abgesteckt worden sind, ist es gebräuchlich, auf einem besonderen Profile diese berichtigten Strecken des Entwurfes aufzutragen, um alsdann im Bureau auf diesen partiellen Nivellements die Vorarbeiten und Berechnungen zur Bestimmung der Neigungen vorzunehmen, und die rothen Zahlen zu finden, wie man es für die Entwürfe der Strassen in Ebenen gelehrt hat.

Man kann sich aber auch, was besser ist, dieser Arbeit im Bureau überheben, und auf dem Felde selbst, während man das Nivellement macht, sowohl die Neigungen als die rothen Zahlen bestimmen. Diese Methode, wodurch die Arbeit des Ingenieurs abgekürzt wird, hat ausserdem den Vortheil, ihn auf der Stelle mit den Quantitäten der Erdarbeiten bekannt zu machen, welche aus diesen Berichtigungen hervorgehen, und ihm folglich zu zeigen, ob sie zulässig oder ob sie verwerflich sind, um andere, weniger kostspielige, zu versuchen.

Das Verfahren und die Ordnung dieser Verrichtung sind auf der folgenden Tafel angezeigt: sie stellt die Formel und alle Daten dar, welche man nöthig hat, um mittels einfacher Additionen oder Subtraktionen die rothen Zahlen für die Punkte des neuen Zuges zu finden. Dieses partielle Nivellement ist das in der 8ten Figur der I. Tafel aufgetragene. Die Übereinstimmung der durch dieses Verfahren gefundenen rothen Zahlen mit den oben berechneten stellt die Genauigkeit der Formel auf, von der man sich übrigens leicht bei jeder vorkommenden Lage des Entwurfes in Bezug auf das Gelände Rechenschaft geben kann.

Die Formel, um die folgende rothe Zahl zu finden, ist $(A \pm P \pm C) - B = C'$.

C ist die rothe Zahl des Rückblickes;

C′ ist die gesuchte rothe Zahl. A ist der Rückblick und B der Vorblick.

Die Zeichen der Grössen P und C müssen so genommen werden:

$$\text{für P} \begin{cases} + \text{ wenn es eine Neigung ist.} \\ - \text{ wenn es eine Steigung ist}^{39}). \end{cases}$$

[39]) P ist die Steigung oder Neigung der Linie des Entwurfs auf die ganze Entfernung zwischen dem Vorblick und Rückblick.

für C { + im Falle des Abtrags.
— im Falle des Auftrags.

Übersicht der Neigungen und rothen Zahlen des Längen - Nivellements.

Nummern der Pflöcke.	Entfernung zwischen den Pflöcken.	Steigung — Neigung + für die ganze nebenstehende Entfernung.	± C Abtrag + Auftrag — am Ende; Anfang der Neigung oder Steigung oder rothe Zahl an diesem Ende.	Blicke von jeder einzelnen Station. Rückblick A	Blicke von jeder einzelnen Station. Vorblick B	Formel C′ oder zu suchende rothe Zahl, = (A ± P ± C) — B. indem man die Grössen auf die eben angezeigte Weise mit Zeichen versieht.
1	—	0,0	— 4,62	—	—	
2	15	0,51	— 3,29	2,56	0,72	
3	15	0,51	+ 2,36	6,26	0,10	
4	18	0,61	— 0,88	0,89	3,52	

XVI. Vorlesung.

Übergangspunkte — Rothe Zahlen nach der Quere — Horizontale Entfernung, welche den Übergangs-Punkt von dem Zusammentreffen zweier Böschungen bestimmt. — Kubirung der Körper. — Zerlegung der Körper — Erd-Arbeiten. — Transport des Abtrags und Mittel ihn abzukürzen. — Übersicht der Berechnung der Körper.

Der Aufriss einer Strasse ist eine den Grundriss ergänzende Zeichnung: er bestimmt die Formen und Abmessungen der Körper im Abtrag und im Auftrag.

Die Kanten, und folglich die obern und untern Flächen der Körper gehören der Oberfläche des Entwurfes und der des Geländes an.

Der Durchschnitt dieser beiden Oberflächen giebt das, was man die Übergangs-Punkte nennt.

Die für die Kanten gefundenen Übergangs-Punkte, welche diese Oberflächen begrenzen, müssen untereinander, je zwei und zwei, verbunden werden; diese Linien bestimmen die Grenzen des Abtrags zum Auftrag und umgekehrt.

Jeder Übergangs-Punkt wird durch seine horizontale Entfernung von der Projektion des zu seiner Bestimmung gewählten Querprofiles fixirt.

Diese Entfernungen nach der Länge bilden mit den durch die Querprofile oder durch die Übergangs-Punkte in der Quere gegebenen Breiten die Abmessungen, welche aufeinander senkrecht stehen, und welche die Grundflächen der den Auf- und Abtrag bildenden Körper sind. Die vertikalen rothen Zahlen geben die dritte senkrechte Abmessung von diesen Körpern.

Um einen Übergangs-Punkt zu finden, muss man die Steigung des Geländes, jene des Entwurfes und den vertikalen Abstand kennen, welcher sie trennt.

Die rothen Zahlen des Längenprofiles müssen daher zuerst gefunden werden.

Nachdem sie zuvor auf das Längenprofil gesezt waren, bringt man sie nun wieder auf den entsprechenden Punkt des Querprofiles.

Ist dieser Punkt nach dem Maassstabe bestimmt, so sezt und zieht man das Querprofil der Strasse mittels einer Lehre.[40])

Man endigt dann damit, die rothen Zahlen das Querprofiles zu berechnen.

Jede rothe Zahl der Quere ist die Zahl der Strassenachse, mehr oder weniger nach den Veränderungen des Geländes und nach dem Geseze der für die verschiedenen Bestandtheile angenommenen Neigungen modifizirt.

Die horizontalen Abstände oder horizontalen rothen Zahlen finden sich durch Formeln, die nachher gegeben werden und welche sowohl die Berechnungen abkürzen, als Betrachtungen entbehrlich machen, die man, um diese Zahlen zu finden, ohne diese Formeln, anstellen müsste.

Ein Beispiel von dieser Berechnung der rothen Zahlen des Querprofiles ist auf einige Punkte des rechten Theils vom Profile 29, Taf. III angewendet.

Man muss diese rothen Zahlen für alle Theile, aus denen das Querprofil der Strasse zusammengesezt ist, und für alle Biegungen des Geländes finden.

Die Formel, um die horizontale Entfernung der Übergangs-Punkte Mm oder $x = \frac{PT \times AB}{S}$ (Fig. 8, Taf. II.) zu finden, ist leicht zu erweisen: sie ist auf die Ähnlichkeit der Dreiecke, aus denen diese Figur besteht, gegründet.

PT ist die rothe Zahl zur linken; S ist die Summe der beiden Zahlen PT und ER, und AB die horizontale Entfernung.

Der Beweis der Formel, um die horizontale Entfernung von dem Durchschnitte zweier Böschungen oder Neigungs - Linien zu finden, deren Gesez man kennt, ist nicht weniger leicht.

[40]) Man schneidet diese Lehre, oder die Umrisse des Quer-Profiles gewöhnlich in steifem Papier, Blech oder dünnem Holze aus.

Erster Fall. (Fig. 9, Taf. II) Wenn die eine Böschung steigt und die andere fällt, so ist LC oder $x = \frac{AT}{P + p}$, AT ist die rothe Zahl, P die Neigung des Entwurfes und p die Neigung des Geländes.

Zweiter Fall. (Fig. 10, Taf. II) Wenn die Böschungen in demselben Sinne gehen, so ist L C oder $x = \frac{A\ F}{P - p}$. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung, wie in dem ersten Falle.

Der Aufriss Taf. III bietet Anwendungen dieser drei Formeln dar.

Ist das Nivellement so vorbereitet, so hat man alle nöthigen Abmessungen, um die Körper des Ab- und Auftrags zu berechnen.

Nach der hypothetisch angenommenen Erzeugung des Geländes und des Entwurfes, wird jeder zwischen zwei Profilen auf den Entwurf gestüzter Körper eine Ebene zur Basis haben.

Diese Körper sind nach ihrer Länge durch vertikale, parallele Ebene getheilt. Wenn die vier, je zwei und zwei in zwei aufeinander folgenden Querprofilen korrespondirenden rothen Zahlen alle im Abtrag oder im Auftrag liegen, so werden die Körper diesem Umstande entsprechend und von der, durch die Natur der Zahlen angezeigten Gattung seyn; ihre Grundfläche wird in diesem Falle ein Viereck seyn.

Wenn von den korrespondirenden Zahlen die einen im Abtrag und die andern im Auftrag liegen, so giebt es einen Körper im Abtrag und einen Körper im Auftrag. Die Grundflächen sind gewöhnlich Trapeze, deren durch den Ort der Übergangs-Punkte gebildete Linie die Seite ist, welche keine parallele hat; man hat auch manchmal zwei Körper, von denen der eine ein Trapez, und der andere ein Dreieck zur Grundfläche hat.

Dis ist das allgemeine Resultat der Zerlegung der Körper zwischen zwei Profilen.

Um diese Körper zu berechnen, theilt man sie mit Rücksicht auf ihre Grundfläche in 3 Arten.

B ist die Oberfläche der Basis. H, H′, H″, H‴ sind die Höhen. S ist der körperliche Inhalt.

Die erste Art begreift die Körper mit Dreieck-Basis. Sie kann eine, zwei oder drei Höhen haben; in diesem Fall ist die Formel

$$S = B \times \frac{H + H' + H''}{3} \cdot \text{(Fig. 11.)}$$

Die zweite mit Viereck-Basis. Sie kann eine, zwei, drei oder vier Höhen haben; in diesem Fall ist die Formel

$$S = B \times \frac{H + H' + H'' + H'''}{4} \cdot \text{(Fig. 12.)}$$

Die dritte, mit Trapez-Basis. Man theilt sie in zwei Dreiecke, deren Basis $B' + B''$ ist.

Zwei Fälle: 1tens vier gleiche Höhen oder zwei gleiche auf den parallelen Seiten. Formel:

$$S = B' \times \frac{(H + H' + H'')}{3} + B'' \times \frac{(H' + H'' + H''')}{3}$$

2tens vier ungleiche Höhen. Formel

$$S = B' \times \frac{(2\,H + 2\,H' + H'' + H''')}{6} + B'' \frac{(2\,H' + 2\,H'' + H' + H)}{6}.$$ [41]).

[41]) Die Richtigkeit dieser vier Formeln lässt sich im Allgemeinen leicht durch Differential-Rechnung darthun; die der ersten und dritten kann man jedoch auch durch die Elemente zeigen, wenn der Körper durch keine windschiefe Fläche begrenzt wird.

Um für den allgemeinsten Fall den Beweis durch Differential-Rechnung zu führen, sey in Figur 13, Tafel II die grössere der parallelen Seiten der trapezförmigen Grundfläche $= a$, die kleinere $= c$ und ihr senkrechter Abstand $= b$. Denkt man sich nun durch eine Ebene, parallel mit der vorderen Fläche HH′ den Körper geschnitten, so ist dieser vertikale Schnitt gleichfalls ein Trapez, dessen untere Seite $= z$, dessen vertikale Seite links $= y$ und die rechts $= u$ sey; endlich sey der senkrechte Abstand dieses Trapezes von der hinteren Fläche H″H‴ $= x$, so ist:

$$y = H'' + \left(\frac{H - H''}{b}\right)x\,;\; u = H' + \frac{H''' - H'}{b}\,(b - x)$$

Bei Anwendung dieser Berechnungen auf die Kubirung der Körper wird eine krumme Richtung als ihre Tangente und folglich wie eine gerade Richtung angesehen. Wenn auch das Ergebniss hieraus nicht mathematisch richtig ist, so ist es doch für den Gegenstand, von dem es sich handelt, hinlänglich genau.

Die Anwendung dieser Theorie auf die Zerlegung des Theils zur rechten und die Einschreibung der Faktoren der Körper im Ab- und Auftrag von diesem, zur rechten der Achse liegenden Theile des Aufrisses (Taf. III) machen den Gegenstand der der folgenden Vorlesung beigefügten Übersicht aus.

Durch die aufgestellten Grundsäze, die gezeichneten Aufrisse, und durch die mitgetheilten Vorlesungen wird man in den Stand gesezt, einen Strassen-Entwurf herzustellen.

Ist der Zug des Profils einer Strasse auf dem Felde ausgemittelt, sind die Pflöcke sowohl nach ihrer Lage, als nach ihrer Höhe verifizirt, so schreitet man zur Ausführung.

und $z = c + \left(\frac{a - c}{b}\right) x.$

Der Inhalt des Trapezes ist $= \frac{y + u}{2} . z$ oder

$$= \left[\frac{H'' + H' + \left(\frac{H - H'' - H''' + H'}{b}\right) x + H''' - H'}{2}\right]$$
$$\times \left[c + \frac{a - c}{b} x\right]$$

Dieser Ausdruck mit dx multiplizirt giebt das Differential des Körpers $H'' x y u H' = X$, also

$$dX = \tfrac{1}{2}\left[H'' + H' + \left(\frac{H + H' - H'' - H'''}{6}\right) x\right] \times \left[c + \frac{a-c}{b} x\right] dx.$$

Die angezeigte Multiplikation ausgeführt, integrirt und für den ganzen Körper $x = b$ gesezt, giebt den Inhalt des Körpers S; also ist

$$S = \tfrac{1}{6}\left[\frac{b\,c}{2}\,(2\,H'' + 2\,H''' + H + H') + \frac{a\,b}{2}\,(2\,H + 2\,H' + H'' + H''')\right]$$

und für $\frac{b\,c}{2} = B''$ und $\frac{a\,b}{2} = B''$ erhält man, wie oben,

$$S = B' \times \left(\frac{2H + 2H' + H'' + H'''}{b}\right) + B''\left(\frac{2H'' + 2H''' + H + H'}{b}\right)$$

Ist die Grundfläche ein Rechteck, so ist $a = c$ und $B' = B''$, also reduzirt und $B' + B'' = B$ gesezt, giebt

$$S = B + \frac{H + H' + H'' + H'''}{4}$$

wie es nach der zweiten Formel Fig. 12 seyn soll. —

Man stellt dem Unternehmer ein Längenprofil zu, auf welches man alles, was zur Leitung der Ausführung dienen kann, eingetragen hat.

Der Unternehmer muss die Erd-Verführungen, zur Vermeidung unrichtiger Verrichtungen, übereinstimmend mit den Profilen und dem Voranschlage ausführen; der durch das Preis-Detail des Ingenieurs bewilligte Preis ist auf die Voraussezung gegründet, dass Ab- und Auftrag auf die möglichst beste Weise verwendet werde.

Es ist wesentlich, nur den angezeigten Abtrag des Entwurfes zu gestatten.

Um den Arbeitern die Hauptformen des Entwurfes klar zu bezeichnen, ist es gebräuchlich, ein Strassen-Profil im Auf- und im Abtrag an jedem Ende eine Steigung herzustellen.

Die Zwischenpunkte zwischen diesen Enden werden mit den Visirkreuzen eingerichtet.

Man muss, um das Sezen so viel wie möglich zu vermeiden, den Auftrag in Lagen von zwei Dezimeter (7 Zoll) Höhe ausführen. Man lässt ihn sorgfältig stampfen, besonders wenn es sich von Auffüllungen handelt, auf denen eine Wasserleitung oder ein Kanal angelegt werden soll.

Bei den in Auftrag ligenden Theilen wird die Masse der Strasse ganz in Erde ausgeführt: die Leere für die Einbettung wird später ausgehoben.

Das Wegschaffen der Erde geschieht mit der Schaufel, mit dem Schubkarren oder mit dem Wagen. Der Transport-Preis ist von der Art des Transportes abhängig.

Das Werfen mit der Schaufel findet nur für sehr kleine Entfernungen Statt. [42]

Der Schubkaren wird gewöhnlich bis zu 160 Meter (548') angewendet; über diese Entfernung geschieht der Transport durch Wägen. [43]

[42]) Die Entfernungen, auf welche die Erde ein- oder zweimal mit der Schaufel geworfen werden kann, nimmt man gewöhnlich bis zu 10 Fuss im ersten, und bis zu 20 Fuss im zweiten Falle an. —

[43]) Die hier angegebene Entfernung von 160 Meter oder 548 Fuss, bis zu welcher der Transport mit Schubkarren Statt finden kann, ist zu gross. Der Schubkarren wird mit Vortheil gewöhnlich nur bis zu Entfernungen von 200 bis höchstens 300 Fuss angewendet. Die Berechnung dieser Entfernung

Ein Schubkarren enthält gewöhnlich 0,04 Kubikmeter, ungefähr $1\frac{1}{6}$ Kubikfuss. Durch einen Mann von mittlerer Stärke geführt, legt er in einem Tage auf einem beinahe horizontalen Boden, das Hin- und Hergehen mit eingerechnet, 30000 Meter (102780 Fuss) zurück.

Daher kann er 10 Meter (402 C') auf eine Entfernung von 60 Meter ($205\frac{1}{2}$') täglich transportiren, das Gehen und Kommen mit einbegriffen.

Dis ist die Quantität, welche ein Mann gewöhnlich in einem Tage gräbt und ladet.

Die Stationen oder Wendepläze (relais) des Schubkarrens sind 30 Meter ($102\frac{3}{4}$') in der Ebene und 20 Meter auf Steigungen.

Aus obigen Daten kann man auf die Art und Weise schliessen, wie der Transport mit Schubkarren ausgemittelt wird, indem man die verschiedenen Verrichtungen, welche er verursacht, in Tagschichten eines Arbeiters ausschlägt und hiebei gewöhnliche und leicht zu ladende Erde voraussezt.

Der Transport des Kubikmeters (40 baier. Kubikfuss) mit dem Schubkarren erfordert in Tagschichten eines Arbeiters für jede Station von 30 Meter (103') 0,069

Das Laden des Schubkarrens und der Zeitverlust, zusammen geschäzt zu 0,006

Ganzer Werth der Station 0,075

Der Preis des Ladens ist derselbe als der der Station 0,069

Das Ausgleichen der Erde und das Stampfen erfordert auf den Kubikmeter 0,017

Das Graben in gewöhnlicher Erde 0,023

Würde das Graben zwei Mann erfordern, so müsste man es doppelt in Ansaz bringen, u. s. w.

Diese Resultate lieferten Erfahrungen, welche mit Sorgfalt angestellt worden sind; wenn man aber berufen wird, grosse Arbeiten zu leiten, so muss man selbst Erfahrungen anstellen; denn die verschiedenen Erdarten bewirken in den Resultaten grosse Abweichungen.

ist in jedem besonderen Falle leicht, wenn das Ladungs-Vermögen und die Zeit sowohl zum Auf- und Abladen, als zum Ziehen des beladenen und leeren Karrens, auf einem Wege von beliebiger Beschaffenheit für Schub- und Pferdekarren, und der Preis der Taglöhnungen für Ross und Mann bekannt sind.

Zu diesen Ausmittelungen sezt man noch den Werth für die Unterhaltung der Werkzeuge und für den Nuzen des Unternehmers hinzu.[44])

Der Transport mit Wagen wird nach verschiedenen Daten geschäzt.

Diese Daten sind die Ladungsfähigkeit des Wagens, der Weg, den er durchläuft, und der Preis von der Tagschichte für einen Wagen nebst seinem Führer.

Man ordnet sie so an, dass immer ein Wagen beladen ist, und dass derjenige, welcher leer zurückkömmt, sogleich einen beladenen Wagen nehmen und ohne Zeitverlust zum Auftrag zurückkehren könne.

Der von Perronet erfundene Wippkarren ist für den Erdtransport der vortheilhafteste.

Er erhält gewöhnlich 0,26 Kubikmeter (10 Kubikfuss). Vier Menschen können ihn ziehen; ein Pferd selbst zwei.

Man hat bemerkt, dass der mit dem Wippkarren wohl eingerichtete Transport viel weniger, als der mit gewöhnlichen Wagen kostet.

Man findet in den Werken von Perronet alle auf diese Art von Wagen bezüglichen Details.[45])

Wenn der Abtrag zu weit von dem Auftrag entfernt ist, so wird man genöthigt, diesen Abtrag auf den Rand des Weges, jedoch so zu legen, dass er nicht auf denselben zurückfallen kann. Diese Operation, welche man nur möglichst selten vornehmen darf, heisst den Auftrag aufhäufen.

Der Auftrag geschieht alsdann mittels Entlehnen.

Ist der Preis des Transportes zum Auftrag beträchtlicher, als der des Transportes und des Grabens der entlehnten Erde mit Einschluss der an den Eigenthümer zu zahlenden Entschädigung, so wird durch diesen Umstand das Aufhäufen der Erde bestimmt.

[44]) Für Unterhaltung der Werkzeuge rechnet man gewöhnlich, in Ermangelung genauer Anhaltspunkte, im Durchschnitt ein Fünfzehntel, und für den Nuzen des Unternehmers ein Zehntel des ganzen Preises.

Man vergleiche das am Ende des IIten Theiles beigefügte Preis-Verzeichniss. —

[45]) Man vergl. Perronet's Werke aus dem Französischen übersezt von I. F. W. Dietlein, Halle, 1820. Seite 108 und 109.

Das Aufhäufen des Abtrags und das Entlehnen der Erde sind für den Ackerbau sehr nachtheilig; man muss, wie schon gesagt, soviel wie möglich ihre Anwendung vermeiden.

Wenn man gezwungen ist zu entlehnen, so darf, wo möglich, dadurch nicht die ganze Lage der Pflanzen-Erde hinweggenommen werden.

Hat diese Lage nur wenig Dicke, so nimmt man sie hinweg, bringt sie aber auf die Seite; die zu entlehnende Erde wird abgehoben und hierauf die Pflanzenerde auf die abgegrabene wieder ausgebreitet.

Das Entlehnen soll parallel mit der Strasse und in einer gleichförmigen Breite vorgenommen werden. Eine gewöhnliche, als Auftrag verwendete Erde, nimmt um $\frac{1}{6}$ ihres Raumes zu. [46])

Die mittlere Transport-Weite ist eine fingirte Entfernung, welche dem ganzen Abtrag eines, zur Bildung von einem Auftrag bestimmten Körpers gemein ist: sein Produkt in die ganze Masse ist der Summe der einzelnen Produkte für den wirklich durchlaufenen Weg gleich. Ökonomie und die gute Verwendung des Abtrags erfordern, dass diese Entfernung ein **Minimum** sey.

[46]) Bekanntlich lässt sich die gegebene Erd-Masse nicht mehr in denselben Raum zusammenstampfen, den sie in ihrem natürlichen Zustande hatte. Man nennt das Raum-Verhältniss von jenem zu diesem, oder öfters auch den Unterschied dieser Räume: die Ausdehnung oder Kompression der Erde. Es ist wichtig, dieselbe möglichst genau zu bestimmen, weil bei einer Strasse, wo beträchtliche Erdmassen bewegt werden müssen, ein grosser Überschuss im Abtrag oder ein bedeutendes Defizit im Auftrag durch eine zu klein oder zu gross angenommene Ausdehnung sich ergeben würde. —

Sganzin giebt hierüber weder allgemeine Bestimmungen, noch selbst die Beschaffenheit der gewöhnlichen Erde an, von welcher er die Ausdehnung zu $\frac{1}{6}$ annimmt. —

Nun ist aber aus anderen Erfahrungen bekannt, dass sich der reine Sand gar nicht, hingegen die reine Thonerde um die Hälfte ihres Volumens zusammenpressen lasse.

Die Ausdehnung für reinen Sand ist also $= 0$, und für reine Thonerde $= \frac{1}{2}$.

Da man nun das Verhältniss des, einer beliebigen Erdart beigemischten Sandes durch Schlämmen leicht finden kann, so lässt sich also auch die Ausdehnung von jener angeben und hierauf erst eine Ausgleichung zwischen Auf- und Abtrag vornehmen.

Das sicherste Mittel die Kompression der Erde auszumitteln bleibt jedoch immer, einen Erd-Kubus von bestimmter Grösse auszuheben und diesen dann wieder allenfalls in einen hölzernen Kasten einzustampfen.

Das Aufsuchen dieser mittleren Entfernung führt in der Analysis auf Schwierigkeiten einer höheren Ordnung.

Der verstorbene Senator Monge hat sich damit beschäftigt; allein in der Praxis kann man bei dem Bau der Strassen nur selten von dieser Arbeit Gebrauch machen.

Die Mechanik bietet zum Auffinden dieser mittleren Entfernung ein Verfahren dar, von dem man allgemein Gebrauch macht.

Es ist leicht zu beweisen, dass die mittlere Entfernung eines in Auftrag gebrachten Körpers im Abtrag, die horizontale Entfernung ist, welche die Schwerpunkte der beiden Körper trennt.

Diese Regel dient dazu die mittlere Entfernung für alle Abträge zu finden; sie ist gleich der Summe der einzelnen Produkte eines jeden vom Abtrag in den Auftrag gebrachten Körpers in die Entfernungen der Schwerpunkte, getheilt durch die Summe der Kubi.

Die Anwendung dieser Regel nnterliegt in der Ausführung noch Schwierigkeiten, weil die Körper im Abtrag selten denen im Auftrag gleich sind.

In diesem Falle sucht man den Abtrag so gut als möglich zu vertheileu; ist aber der kubische Inhalt des Abtrags grösser als der entsprechende des Auftrags, so sucht man den Überschuss in den folgenden Profilen zu verwenden, oder man schafft ihn zur Seite und häuft ihn auf. —

Die Verwendung des Abtrags muss im Voranschlage klar angezeigt seyn; wenn die Erbauung der Strasse auf gerichtlichen Zuschlag geschieht; diese Anzeige ist für den Unternehmer zur Vermeidung unrichtiger Transporte nöthig. [47])

[47]) Die von Sganzin für die Erd-Berechnung angegebene Methode wird wegen ihrer Weitläufigkeit und des grossen Zeit-Aufwandes, den sie erfordert, höchst selten angewendet. Man macht von derselben gewöhnlich nur dann Gebrauch, wenn man die Masse einer sehr festen, zusammenhängenden, felsigen Erde zu berechnen hat, oder wenn die durch die Übergangspunkte begrenzten Körper in einem Profile von Bedeutung sind, oder endlich wenn die Entfernungen der Querprofile von einander sehr bedeutend z. B. 2 oder mehrere Hundert Fuss lang sind und also auch der Ab- oder Auftrag in denselben sehr beträchtlich ist. — Daher bedient man sich znr Erdberechnung bei Strassen-, Deich- und Kanal-Arbeiten so ziemlich allgemein folgender, viel einfacheren und eine hinlängliche Genauigkeit gewährenden Methode. —

Um die Erdmasse des Auftrags zwischen zwei gegebenen Querprofilen zu bestimmen, berechnet man die Fläche des Ab- und Auftrags sowohl in

dem einen, als in dem andern Profil; addirt die Fläche des Abtrags in dem einen zu der Fläche des Auftrags in dem andern, halbirt beide Summen und multiplizirt die mittlere Fläche des Abtrags und die mittlere Fläche des Auftrags mit der horizontalen Entfernung der beiden Querprofile, so geben die Produkte die zwischen den Profilen vorzunehmenden Ab- und Aufträge.

Sind die Querprofile auf dem Felde zweckmässig gewählt, so können die Unterschiede zwischen den Flächen des Ab- und Auftrags der beiden Profile nicht bedeutend seyn, und man erhält also die Erdmasse offenbar desto genauer, je geringer diese Unterschiede sind. Noch mehr nähert sich das Resultat der Wahrheit, wenn die beiden Profile ganz im Abtrag oder Auftrag liegen.

Liegt das eine Profil ganz im Abtrag und das andere ganz im Auftrag, so theile man ihre horizontale Entfernung in zwei Theile, die sich wie die mittleren Höhen des Ab- und Auftrags verhalten, und multiplizire sowohl die Fläche des Abtrags, als die des Auftrags mit der Hälfte des ihr zukommenden Theiles jener Entfernung, so erhält man die Körper des Ab- und Auftrags in diesem Profile, nach bekannten Säzen der Elementar-Geometrie, genau genug. —

Hat man auf diese Weise den Ab- und Auftrag in jedem Profile berechnet, so ist jezt die vortheilhafteste Verwendung und hieraus jede einzelne Transport-Weite zu bestimmen.

Der Abtrag muss so nahe wie möglich verwendet werden, um möglichst kleine Transport-Weiten zu erhalten. Ist also in einem Profile gleichzeitig Ab- und Auftrag, so wird jener zu diesem verwendet und nur der Überschuss in den Auftrag des nächsten Profiles gebracht. Da öfters ganze Profile des Abtrags auf Profile im Auftrag verwendet werden, so kann man grössere Transportweiten um so mehr blos nach dem Längen-Nivellement beurtheilen, als die Bestimmung derselben auf einzelne Fuss, wegen der geringen Zunahme des Preises, welche bei Entfernungen von 100′ — 150′ für die Schachtruthe nur einen bis zwei Kreuzer betragen, nicht nöthig ist.

Die Berechnung der kubischen Inhalte des Ab- und Auftrags fertigt man am bequemsten nach einer Tabelle an, welche der am Ende dieser Vorlesung beigefügten, ähnlich ist. Die erste Kolonne zur linken enthält die fortlaufenden Nummern der Profile; die zweite die Abmessungen der Flächen, ohne jedoch die bezeichnenden Worte: Dreieck, Trapez u. s. w. beizufügen; die dritte Kolonne enthält die Fläche des Auftrags und die vierte die Fläche des Abtrags. Die fünfte und sechste enthalten die Kubi des Ab- und Auftrags und endlich die siebente Bemerkungen.

In der lezten merkt man besonders die Veränderungen in der Natur des Geländes an.

Um die Verwendung des Abtrags leicht und schnell vornehmen zu können, stellt man zu diesem Zwecke die Ab- und Aufträge nach den einzelnen Profilen in einer zweiten Tabelle zusammen. Die erste Kolonne dieser zweiten Tabelle enthält wieder die fortlaufenden Nummern der Profile, und die zweite und dritte die Kubi des Auf- und Abtrags, welche in der fünften und sechsten Kolonne der ersten Tabelle enthalten sind. Die vierte Kolonne ist zur Verwendung des Abtrags bestimmt und theilt sich in drei Unter-Abtheilungen

wovon die erste Spalte mit Menge, die zweite mit Ort und die dritte mit Entfernung bezeichnet wird.

Die erste enthält nemlich den Theil des Abtrags, welcher mit Einschluss der Grösse, um den er sich als Auftrag ausdehnt auf die in der dritten Spalte enthaltene Entfernung, und in dem, in der zweiten Spalte, blos durch seine Nummer bezeichneten Profil, verwendet wird. Die dritte Rubrik enthält wieder dieselben Bemerkungen, wie die 7te Kolone der ersten Tabelle, und ausserdem die Anzeige der Mengen Erde, welche ohne Verwendung auf die Seite geworfen oder entlehnt werden müssen.

Ist die zweite Zusammenstellung, aus welcher man die ganze Masse des Auftrags und Abtrags findet, vollendet, so stellt man in einer dritten Tabelle, nach den einzelnen Transport-Weiten und den verschiedenen Erd-Arten die Abträge zusammen.

Die erste Kolone dieser dritten Tabelle enthält wieder die fortlaufenden Profil-Nummern; die 2te und 3te den Abtrag, welcher mit der Schaufel einmal und zweimal geworfen wird; die 3 oder 4 folgengenden Kolonnen enthalten den durch Schubkarren, auf 3 oder 4 verschiedene Weiten zu transportirenden Abtrag; und die übrigen den Auftrag, welcher auf Wagen verführt wird. Die in dieser lezten Rubricke enthaltenen Entfernungen wachsen gewöhnlich von 100′ bis 150′.

Zulezt fügt man noch einige Kolonnen für die auf die Seite zu werfende und für die zu entlehnende Erde bei.

Für jede der verschiedenen Erdgattungen muss eine solche Transport-Tabelle angefertigt werden.

Die Summe der Abträge von allen Kolonen muss mit der Summe des Abtrags in der II. Tabelle, mit Rücksicht auf die Ausdehnung, übereinstimmen.

Nun ist man im Stande, nach den verschiedenen Erdarten und Transport-Weiten den Geldbetrag für die Erdarbeiten zu berechnen, zu welchem Betrage noch die Kosten für Stampfen des Auftrags und für Ebenen oder Planiren der Fussbänke und Böschungen gefügt werden.

Die Kosten der Erd-Arbeiten hängen also von dem Volumen der zu bewegenden Erdmassen, von der Weite, auf welche sie transportirt werden müssen und von der Beschaffenheit der Erde selbst ab. Man sollte immer suchen, diese drei Bestimmungsstücke der Kosten, wo möglich, mit gleicher Genauigkeit auszumitteln.

Beispiel einer Tabelle zum Einschreiben der verschiedenen Körper, oder Berechnung der Erdmassen eines Theils vom Strassenentwurf, welcher sich auf den Aufriss No. III bezieht.

Bezeichnungen		Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen
Vom 18ten bis zum 19ten Profil.						
Erster Theil, rechts der Strassenachse						
Einbettung.						
Trapez A	1tes Dreieck	(½ Länge 4,51^{m}) (⅙ Höhe 1,65)	7,44^{m}			
	2tes Dreieck	(½ Länge 4,90) (⅙ Höhe 1,61)	7,89			
		Gemein. Breite	15,33 3,00	45,99^{m}		
Trapez A′	1tes Dreieck	(½ Länge 2,99) (⅙ Höhe 1,03)	3,08			
	2tes Dreieck	(½ Länge 2,60) (⅙ Höhe 0,93)	2 42			
		Gemein. Breite	5,50 3,00		16,50^{m}	
Fussbank.						
Trapez B	1tes Dreieck	(½ Länge 5,52) (⅙ Höhe 1,92)	10,60			
	2tes Dreieck	(½ Länge 6,03) (⅙ Höhe 2,06)	12,42			
		Gemein. Breite	23,02 1,00	23,02		
Trapez B′	1tes Dreieck	(½ Länge 1,98) (⅙ Höhe 0,60)	1,19			
	2tes Dreieck	(½ Länge 1,46) (⅙ Höhe 0,57)	0,83			
		Gemein. Breite	2,00 1,00		2,02	
Trapez C	1tes Dreieck	(½ Länge 6,03) (⅙ Höhe 2,46)	14,83			
	2tes Dreieck	(½ Länge 6,53) (⅙ Höhe 2,78)	18,15			
		Gemein. Breite	32,98 2,00	65,96		
Trapez C′	1tes Dreieck	(½ Länge 1,46) (⅙ Höhe 0,51)	0,74			
	2tes Dreieck	(½ Länge 0,96) (⅙ Höhe 0,48)	0,46			
		Gemein. Breite	1,20 2,00		2,40	
		Überzutragen	. . .	134,87	20,92	

Bezeichnungen		Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen.
		Der Übertrag . . .	. . .	134,97m	40,92m	
Gräben und Böschungen.						
Trapez D	1tes Dreieck	(½ Länge 6,53m) (⅙ Höhe 3,07)	20,05m			
	2tes Dreieck	(½ Länge 2,06) (⅙ Höhe 3,07)	18,60			
			38,65			
		Gemein. Breite	0,66	25,51		
Trapez D′	1tes Dreieck	(½ Länge 0,96) (⅙ Höhe 0,54)	0,52			
	2tes Dreieck	(½ Länge 1,44) (⅙ Höhe 0,62)	0,89			
			1,41			
		Gemein. Breite	0,66		0,93	
Trapez E	1tes Dreieck	(½ Länge 6,06) (⅙ Höhe 3,06)	18,54			
	2tes Dreieck	(½ Länge 5,84) (⅙ Höhe 3,06)	17.87			
			36,41			
		Gemein. Breite	0,33	12,01		
Trapez E′	1tes Dreieck	(½ Länge 1,44) (⅙ Höhe 0,72)	1,04			
	2tes Dreieck	(½ Länge 1,33) (⅙ Höhe 0,71)	0,94			
			1,98			
		Gemein. Breite	0.33		0,65	
Trapez F	1tes Dreieck	(½ Länge 5,84) (⅙ Höhe 3,02)	17,64			
	2tes Dreieck	(½ Länge 5,70) (⅙ Höhe 2,98)	16,98			
			34,62			
		Gemein. Breite	0,33	11,42		
Trapez F′	1tes Dreieck	(½ Länge 1,33) (⅙ Höhe 0,67)	0,89			
	2tes Dreieck	(½ Länge 1,16) (⅙ Höhe 0,63)	0,73			
			1,62			
		Gemein. Breite	0,33		0,53	
Pyram. G		½ Länge 5,70 Breite 8,79	50,10			
		⅓ Höhe . . .	1,96	98,20		
Pyram. G′		½ Länge 1,16 Breite 1,03	1,19			
		⅓ Höhe . . .	0,40		0,47	
		Überzutragen	. . .	282,11	4,10	

Bezeichnungen.		Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen.
		Der Übertrag . . .	. . .	287,11m	4,10m	
Zweiter Theil, links von der Strassenachse.						
Einbettung.						
Trapez a.	1tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 3,06m) ($\frac{1}{6}$ Höhe 1,33)	4,07m			
	2tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 4,90) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,93)	4,56			
		Gemein. Breite	8,63 2,00	17,26		
Trapez a′.	1tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 4,44) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,91)	4,04			
	2tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 2,99) ($\frac{1}{6}$ Höhe 1,02)	3,05			
		Gemein. Breite	7,09 2,00		14,18	
Pyram. b.		$\frac{1}{2}$ Länge 3,06 Breite 0,97 $\frac{1}{3}$ Höhe . . .	2,97 0,37	1,10		
Trapez b′.	1tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 7,50) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,64)	4,80			
	2tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 4,44) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,72)	3,19			
		Gemein. Breite	7,99 0,97		7,75	
Viereck cc′.		Länge . 15,00 Breite . 0,03 $\frac{1}{4}$ Höhe . . .	0,45 0,57		0,26	
Fussbank.						
Pyram. d.		$\frac{1}{2}$ Länge 2,55 Breite 0,32 $\frac{1}{3}$ Höhe . . .	0,82 0,12	0,10		
Trapez d′.	1tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 4,96) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,34)	1,69			
	2tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 7,50) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,31)	2,22			
		Gemein. Breite	4,01 0,32		1,28	
Viereck ee′.		Länge . 15,00 Breite . 1,14 $\frac{1}{4}$ Höhe . . .	17,10 0,46		7,87	
Trapez f.	1tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 6,57) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,85)	5,58			
	2tes Dreieck	($\frac{1}{2}$ Länge 7,50) ($\frac{1}{6}$ Höhe 0,75)	5,63			
		Gemein. Breite	11,21 0,54		6,05	
		Überzutragen	. . .	300,57	72,99	

Bezeichnungen		Abmessungen	Flächen	Kubi im Auftrag	Kubi im Abtrag	Bemerkungen.
Der Übertrag . . .			. . .	$300{,}57^{m}$	$72{,}99^{m}$	
Pyram. f.		½ Länge $0{,}93^{m}$ Breite 0,54 ⅓ Höhe . . .	50,0 0,09	0,04		
Trapez g.	1tes Dreieck	½ Länge 5,49 ⅙ Höhe 1,01	5,54			
	2tes Dreieck	½ Länge 6,57 ⅙ Höhe 0,98	6,44			
		Gemein. Breite	11,98 1,00		11,98	
Trapez g′.	1tes Dreieck	½ Länge 2,01 ⅙ Höhe 0,30	0,60			
	2tes Dreieck	½ Länge 0,93 ⅙ Höhe 0,22	0,20			
		Gemein. Breite	0,80 1,00	0,80		
Gräben und Böschungen.						
Trapez h.	1tes Dreieck	½ Länge 6,84 ⅙ Höhe 1,28	8,75			
	2tes Dreieck	½ Länge 5,49 ⅙ Höhe 1,16	6,36			
		Gemein. Breite	15,11 0,66		9,97	
Trapez h′.	1tes Dreieck	½ Länge 0,66 ⅙ Höhe 0,30	0,20			
	2tes Dreieck	½ Länge 2,01 ⅙ Höhe 0,22	0,44			
		Gemein. Breite	0,64 0,66	0,42		
Trapez i.	1tes Dreieck	½ Länge 6,84 ⅙ Höhe 1,40	9,58			
	2tes Dreieck	½ Länge 6,76 ⅙ Höhe 1,41	9,53			
		Gemein. Breite	19,11 0,36		6,88	
Pyram. i′.		½ Länge 0,66 Breite 0,36 ⅓ Höhe . . .	0,24 0,09	0,03		
Trapez k.	1tes Dreieck	½ Länge 6,76 ⅙ Höhe 1,42	9,60			
	2tes Dreieck	½ Länge 6,50 ⅙ Höhe 1,43	9,29			
		Gemein. Breite	18,89 0,30		5,67	
Pyram. l.		½ Länge 6,50 Breite 3,15 ⅓ Höhe . . .	20,47 0,95		19,45	
		Total . .	. . .	301,86	114,84	

XVII. Vorlesung.

(Eingeschaltet)

Schienenwege; Holz- und Eisenbahnen; drei verschiedene Arten der Konstruktion und Abmessungen derselben. — Transport durch Pferde und durch Dampfwagen. —

Einleitung.

Die zur Fortbringung von Lasten auf gewöhnlichen Erd- und Stein-Strassen erforderlichen Zugkräfte sind, wegen der Veränderlichkeit der Materialien, aus denen diese Strassen bestehen und vorzüglich wegen des Einflusses der Witterung, dem jene ausgesezt sind, sehr verschieden.

Die auf einer trocknen Strasse erforderliche Zugkraft wird von der, welche, unter übrigens gleichen Umständen, auf einem nassen, durch anhaltenden Regen erweichten Wege nöthig ist, und auf dem die Wagenräder sechs und mehr Zoll tief einschneiden, nicht selten um das Zehen-, ja selbst um das Zwanzigfache übertroffen.

Dieser grosse Unterschied in den Zugkräften, hervorgebracht durch die Veränderlichkeit des Strassen-Materials, musste daher schon in den ältesten Zeiten die Nothwendigkeit fühlbar machen, für Strassen, welche stark und mit schwerem Fuhrwerke befahren werden, ein festes dauerhaftes Material, wenigstens auf denjenigen Theilen der Strasse zu verwenden, die mit den Rädern unmittelbar in Berührung kommen. — Die Pflaster-Strassen in den Städten verdanken ähnlichen Betrachtungen ihre Entstehung.

In Bergwerken, wo Tag und Nacht in horizontalen und vertikalen Richtungen Steine und Erze weiter gefördert werden

wurden schon seit mehreren hundert Jahren die Wege in den Stollen mit Bohlen und Balken belegt, über welche hin die Räder der kleinen Karren oder sogenannten Hunde rollen.

Aber in Bergwerken nicht allein, auch auf Werkpläzen sieht man von gewöhnlichen Arbeitern Wegestrecken mit Brettern belegen, um das Einsinken der mit schweren Stein - oder Holzmassen beladenen Wagen zu verhindern und diese mit weniger Anstrengung fortzuziehen.

Da nun Holz, besonders wenn es bald nass und bald trocken wird, der Vergänglichkeit bekanntlich sehr unterworfen ist; von dem darauf gehenden Fuhrwerke mehr oder weniger leidet und demnach nur eine kurze Dauer hat; so belegte man die Bohlen und Balken auf den Stollenwegen der Bergwerke bald mit eisernen Schienen und ersezte diese endlich durch solche, welche ganz aus Eisen bestanden. —

Die erste Anwendung der Geleise von Holz soll in England um's Jahr 1630 in den Bergwerken nahe bei Newcastle gemacht worden seyn. Erst nachdem in der Mitte des vorigen Jahrhunderts das Holz in diesem Lande seltener und der Gebrauch des Eisens allgemeiner zu werden anfieng, wurden eiserne Schienen, und zwar die ersten im Jahre 1786, in der Giesserei von Coalbrookdale angefertigt.

Die Idee dieser Verbesserung verdankt man dem Civil - Ingenieur John-Sheffields.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, was man unter Holz- oder Eisenbahnen versteht. Die Holz - oder Eisenbahnen, die man auch mit dem gemeinschaftlichen Namen Schienenwege belegt, sind nichts anders, als zwei parallel zu einander liegende Stäbe oder Schienen von Holz oder Eisen, welche auf die gewöhnlichen Wege, zur Erleichterung des Zuges, gelegt werden.

Von den Holzbahnen.

Die Holzbahnen bestehen aus 3 bis 6 Zoll hohen Bohlen oder Balken von hartem Holze, welche auf horizontalen und in Entfernungen von 4′ bis 5′ liegenden hölzernen Querriegeln, von allenfalls 8 Zoll Breite und 6 Zoll Höhe, in der Spurweite der Wagenräder, die gewöhnlich $4\frac{1}{2}$ Fuss breit ist, befestigt werden. Die Bohlen oder Balken werden auf ihrer Oberfläche glatt

abgehobelt und, damit die Räder nicht abgleiten können, auf der innern Seite mit einem vorstehenden Rande oder einer Leiste versehen, welche aus einer angenagelten Latte bestehen kann.

Dieser Rand schüzt die Schienen möglichst vor Verunreinigung, welche um so leichter Statt findet, da zwischen den Schienen gewöhnlich der Weg ist, auf dem die Menschen oder Pferde gehen, welche die Wagen ziehen.

Ist der Boden weich und nachgiebig, so rammt man auch wohl in Entfernungen von 4 bis 5 Fuss Pfähle ein, auf denen man unmittelbar die Bohlen oder Balken befestigt. Die Länge der leztern wird den Umständen gemäss nicht unter 12 und aus ökonomischen Gründen nicht wohl über 36 Fuss angenommen.

Ecken und starke Krümmungen müssen möglichst vermieden werden.

Man hat auch tragbare Schienenwege, besonders auf Werkpläzen, wo die Richtungen der Transporte oft geändert werden müssen. — Der Vortheil den die Anwendung dieser Mittel zur Erleichterung des Transportes auf grossen Baupläzen gewährt, ist einleuchtend. Dass auch die Wichtigkeit dieser temporären Schienenwege insbesondere von vielen Ingenieuren gefühlt wurde, beweiset die Baugeschichte von mehreren ältern und neuern grossen Bauten. —

Von den Eisenbahnen.

Verschiedene Arten und Konstruktionen derselben.

Nicht nur die meisten, sondern auch die grössten und vorzüglichsten Eisenbahnen wurden in England ausgeführt; englische Ingenieure haben nach Dupin und Andern die Schienenwege erfunden und vervollkommnet.

Die Muster welche sie als solche anerkennen und die Konstruktionsarten welche sie für die bessten halten, dürfen wir unbedingt auch als solche betrachten, da für sie Erfahrungen sprechen, wie kein anderes Land in dem Maasse sie aufzuweisen hat.

Die Vorschriften der berühmten englischen Civil-Ingenieure Jessop, Stephenson, Strickland, Tredgold, Wood u. a. sind es also, die wir in dem Folgenden nach den bessten Quellen geben. —

In England kamen 3 Arten von Eisenbahnen im Grossen zur Ausführung, welche sich vorzüglich durch die Form ihrer Schienen unterscheiden. Die erste Art sind die Bahnen mit flachen Schienen (tram-rails, ornières-plates), welche wie die Holzschienen, auf der innern Seite mit einem aufrechten Rande versehen sind, um das Abgleiten der Räder zu verhindern; sie werden immer von Gusseisen aus einem Stück gegossen. (Man vergleiche die Figuren 1, 2, u. 3, Taf. IV).

Die zweite Art sind die Kantenschienen (edge-rails, ornières-saillantes); ihre obere, über dem Boden etwas hervorstehende Fläche ist eben, und nur an den Ecken etwas abgerundet; hiedurch erhält der obere Theil der Schiene das Ansehen, als sey er ein wenig konvex, was er aber, wenigstens auf den neuesten Bahnen, nicht ist.

Die Kantenschienen werden sowohl aus Gusseisen, als aus Schmiedeeisen verfertigt. (M. vergl. die Figuren 5. u. 6. Taf. IV).

Die auf den Kantenschienen laufenden Wagenräder haben ausserhalb einen vorstehenden Rand, um das Abgleiten der Wagen zu verhindern; die Räder, welche auf den flachen Schienen sich bewegen, entbehren diesen Rand, da hier die Schienen, wie erwähnt, mit einem solchen selbst versehen sind.

Die dritte Art von Eisenbahnen sind die sogenannten Palmer'schen oder auch schwebenden, wie man sie zur Unterscheidung von den beiden ersten Arten, welche liegende heissen, zu nennen pflegt.

Die Schienen sind konvex und das Wagenrad hat konkave Felgen, in welche der konvexe Theil der Schiene genau passet; die Schienen sind gewöhnlich 3 Fuss, wo nicht mehr, über dem Boden erhaben, und die Ladung hängt in Kästen zu beiden Seiten des Wagens, tiefer als seine Achse, wesshalb diese Art Schienenwege den Namen hängende oder schwebende erhalten haben.

Sie kommen nicht mehr viel in Anwendung; wir werden sie später nochmals, wenn auch nur kurz, berühren.

Die Eisenbahnen mit flachen Schienen heissen in England auch die deutschen und die Kantenschienen die englischen Schienenwege. [48])

[48]) Wesshalb die flachen Schienenwege die Deutschen genannt werden, konnten wir bis jezt nicht erforschen; wahrscheinlich sind es aber

Die gusseisernen Schienen unterscheiden sich von den schmiedeeisernen besonders auch durch ihre Länge: erstere macht man gewöhnlich 3′ bis 4′, selten unter 3′, noch seltner aber über 6′ lang; dagegen erhalten die Schienen von Schmiedeeisen, welche jezt in England fast ausschliesslich von gewalztem Stabeisen angefertigt werden, eine Länge von 15′ bis 20′ und höchstens bis 30 Fuss.

Beide Arten von Schienen ruhen gewöhnlich, jedoch nicht immer, auf gusseisernen Lagern oder Stühlen (chairs), in welche sie mittels eines Nagels oder Bolzens befestigt werden, der horizontal und quer durch Schiene und Stuhl geht.

Auf der IV Tafel stellt Figur 6 oder 7 die Seiten-Ansicht, Figur 8[b] die obere Ansicht, und Figur 8[a] den Querschnitt eines solchen Stuhles dar.

Die Stühle sind in Entfernungen von 3′ bis 4′ auf steinernen Würfeln oder auch hölzernen Pfählen oder Schwellen, durch zwei vertikal in dieselben geschlagene Nägel befestigt; je weiter man die Stühle von einander entfernt, desto stärker müssen begreiflich die Schienen seyn. Wenn, wie dis gewöhnlich bei den deutschen Bahnen der Fall ist, die Stühle fehlen, so werden die Schienen unmittelbar auf den Würfeln oder Hölzern durch Nägel befestigt.

Eisenbahnen mit flachen Schienen von Gusseisen. (Deutsche Schienenwege.)

Die meisten Schienenwege dieser Art sieht man in Süd-Wales; Figur 23, Taf. IV stellt den Querschnitt eines doppelten Schienenweges, dessen Schienen unmittelbar auf den Würfeln ruhen, und die Figuren 1, 3 und 2 auf derselben Tafel stellen die Seiten-Ansicht, den Querschnitt und die obere Ansicht von

unsere Landsleute, welche dieselbe in England zuerst ausgeführt, wo nicht erfunden haben, und die Engländer ehren die Erfinder noch jezt dadurch, dass sie diese Art von Schienenwege deutsche heissen. Dass die Schienenwege, ihrem Prinzipe nach, deutschen Ursprunges sind und zuerst in deutschen Bergwerken vor mehr als drei Jahrhunderten zur Stollenförderung angewandt wurden, unterliegt keinem Zweifel. Nach einem in den *Annales des Mines*, Jahrgang 1818, 3 Bd., Seite 129, von dem Ingenieur Gallois *über Eisenbahnen*, mitgetheilten Aufsaze war es John Curr der die Eisenbahnen mit flachen Schienen (Tram-roads) vor ungefähr 30 Jahren erfand. —

einer einzelnen flachen Schiene dar. — Die Länge der Schiene beträgt gewöhnlich 3′ — 4′ und ihre Breite, mit Ausschluss des aufrechtstehenden Randes, welcher die Spurrippe heisst, gewöhnlich 3″ manchmal auch 4 Zoll; wie das leztere z. B. auf der Surrey-Eisenbahn unweit London, einer der interessantesten Bahnen Englands, der Fall ist.

Der Querschnitt der Spurrippe ist trapezförmig, und zwar in der Art, dass die gegen das Rad gekehrte Seite, um die Reibung möglichst zu vermindern, einen Anlauf hat.

Der flache oder in der Oberfläche der Strasse liegende Theil der Schiene ist $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll dick; die Spurrippe ist oben $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll und unten gewöhnlich noch so breit als oben, also $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll dick. An den Enden der Schienen sind, wie die Zeichnung zeigt, kleine Verstärkungen angebracht, so wie ein Einschnitt, durch welchen der 4″ lange, mit einem viereckigen Kopfe von 6‴ Dicke und 1″ — 3‴ Breite versehene Nagel geht.[49])

Der Kopf liegt in den beiden aneinander stossenden Schienen versenkt und mit der Oberfläche derselben in einer Ebene. Ruhen die Schienen auf steinernen Würfeln, welche 2′ im Quadrat und 1 Fuss Höhe haben, so wird in ein, in die Steine gebohrtes Loch ein hölzerner Pflock und in diesen erst der Nagel eingetrieben. Die Spurrippe hat eine mittlere Höhe von 2″ bis $2\frac{1}{2}$″; am Ende ist sie $1\frac{1}{2}$″ bis 2″ und in der Mitte $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll hoch; ausserdem ist auf der untern Seite die Schiene mit einer, manchmal auch mit zwei Verstärkungsrippen versehen, welche in der Mitte gewöhnlich 2″ bis 3″, und am Ende $2\frac{1}{2}$″ bis 2″ hoch und im Mittel 1″ dick sind. Das Gewicht einer deutschen Schiene von mittlerer Stärke und 3′ — 4′ Länge beträgt 30 bis 50 engl. Pfund. An den Wechselstücken, wo zwei Schienen sich kreuzen, sind auf beiden Seiten Spurrippen angebracht. An denjenigen Schienen, wo eine Spurrippe von einer andern abgeht, wird die Spurrippe von einer beweglichen

[49]) Es mögte vielleicht besser seyn, den Kopf des Nagels statt rechteckig auf beiden in den Schienen greifenden Seiten schwalbenschweifartig und diesen Kopf nach unten zu etwaskonisch zu gestalten, um dadurch ein Verrücken der Schienen in der Richtung der Bahn und ein Aufliegen derselben durch darübergehende Wagen möglichst zu verhindern.

Zunge gebildet (Fig. 11 u. 12, Taf. IV), die auch der Weiser heisst. [50])

Über das Trag-Vermögen der oben beschriebenen flachen Schienen sind uns keine Versuche bekannt.

Die Wagen, welche auf denselben gehen, wiegen etwa eine Tonne oder 20 Zentner, oder 2240 englische Pfund, und ihre Ladung beträgt gewöhnlich einen Newcastle-Chaldron zu 53 Zentner, oder höchstens 3mal so viel als ihr eigenes Gewicht. Auf der Surrey-Eisenbahn darf ein 20 Zentner schwerer Wagen nicht mehr als 65 Zentner laden; gewöhnlich laden sie nur 60 englische Zentner zu 112 Pfund. — Die Schienen auf dieser Bahn sind aber auch 4″ breit, und 1″ dick und haben eine 3″ hohe und ½″ starke Spurrippe.

Die Last, welche demnach eine solche Schiene zu tragen hat, beträgt, bei einem Gewicht des Wagens sammt Ladung zu 4 Tonnen, eine Tonne.

Bei einer solchen Last ist es rathsam die Schienen nicht unter einem Zoll dick zu machen, da die Schienen bei dem Kalksteinbruche auf dem Avon-Kanale bei Bath mit Schienen von 3½″ Breite und ⅝″ Dicke, welche überdis noch mit einer Spurrippe von 1″ Höhe in der Mitte versehen waren, zeigten, dass dieselben unter einer Last von 20 Zentnern häufig zerbrachen.

Die Kästen der Steinkohlenwagen, gewöhnlich von Holz und stark mit Eisen beschlagen, oder auch aus einem eisernem Ge-

[50]) Den Grundriss eines Ausweichplazes stellt die Fig. 9, Taf. IV, dar. Man bemerkt hiebei 3 besondere Schienenstücke, nemlich das Mittelstück AB, welches Fig. 10 und die zwei Seitenstücke CD und EF, welche Fig. 11 und Fig. 12 gezeichnet sind.

Die Konstruktion dieser drei aus Gusseisen geformten Stücke ist theils aus den Grundrissen, theils aus den Durchschnitten Fig. 13 und Fig. 14 ersichtlich. — Die Furchen, welche in diesen Schienen enthalten sind, haben 2″ bis 2½″ Breite und ¾″ oder 1½″ Tiefe, um die Spurkränze der Räder aufzunehmen. Die Zungen mn und m′n′, welche von Schmiedeeisen und bei m,m′ um einen Nagel beweglich sind, werden an eine oder die andere Schienenreihe angelegt, um den Wagen in die eine oder die andere Bahn zu leiten. — Damit die Zungen in ihrer Lage bleiben, werden keilförmige Eisenbleche G, von 4″ biz 6″ Länge und ½″ Dicke, die an kleinen Ketten befestigt sind, zwischen die Zunge und einen auf der Schiene angegossenen Vorsprung o p eingeschoben. Dass die Zungen immer so liegen müssen, damit die Hauptbahn geöffnet bleibt, und nur, wenn sich Wagen begegnen, geschlossen werden, versteht sich von selbst. — (Gerstners *Mechanik*, S. 606).

rippe bestehend, welches innerhalb mit Brettern oder Eisenblech bekleidet ist, haben die Form einer abgestumpften Pyramide; sie sind ungefähr 5′ breit, 8′ lang und 2′ tief und enthalten also 80 englische C′. Die Wagen sind vierräderig und ihre Räder sind von Gusseisen, am Umfange $1\frac{1}{2}$″ breit und 3′ hoch. Oft werden die Speichen der Räder auch von Schmiedeeisen angefertigt; ihre Enden, mit welchen sie in die Radkränze greifen, sind schwalbenschweifartig geformt, die Speichen selbst aber im kalten Zustand etwas zu kurz; macht man sie nun rothglühend, so dehnen sie sich auf die rechte Länge aus, passen in die entsprechenden Vertiefungen der Radkränze und werden erkaltet nicht so leicht lose, als auf andere Weise eingesezte Speichen. — Räder mit stabeisernen Speichen haben einen entschieden Vorzug vor denen aus einem Stücke gegossenen von Gusseisen, weil sie nicht so leicht brechen.

Zum Hemmen der Geschwindigkeit von abwärts gehenden, beladenen Wagen ist jeder Wagen mit einer sogenannten Bremse versehen. Diese Bremse besteht aus einem schmiedeeisernen Arme, der sich um einen in der Mitte zwischen zwei Rädern an den Wagen befestigten Zapfen dreht. An diesem Arm ist ein Pflock von weichem Holze mit zwei Wangenstücken angebracht, welche sich, wenn der Bremsarm herabgedrückt wird, an die zwei auf einer Seite des Wagens befindlichen Räder bei dem einen über dem Mittelpunkte, bei dem andern unter demselben anlegen, und dadurch diese beiden Räder hemmen. Während dem Bremsen muss ein Mann auf den Arm drücken; wird aber nicht gebremst, so ruht der Handgriff von jenem in einem, am Wagen befindlichen Ringe oder Hacken. Die Fig. 15, Taf. IV. stellt einen Wagen mit der Bremse-Vorrichtung dar.

Gewöhnlich sind die Räder an den Achsen fest und diese drehen sich mit jenen um. Wo dis leztere nicht der Fall ist, sind die Achsen konisch und haben $1\frac{1}{2}$″ bis $2\frac{1}{2}$″ im Durchmesser. Neuerdings macht man die Räder aber wieder cylindrisch, wie dis an den Dampfwagen auf der Liverpool-Eisenbahn der Fall ist. Da wo die deutschen Schienenwege andere öffentliche Strassen durchschneiden, werden stärkere Schienen angewendet, welche mit 2 Spurrippen versehen sind, so dass die Räder des, die Eisenbahn kreuzenden Fuhrwerkes zwischen die Spurrippen nicht hineingleiten, und damit sie auch nicht abgleiten können, macht man

diese Ränder uneben, indem man ihnen kleine bogenförmige Vorsprünge giebt.[51])

Auf den deutschen Eisenbahnen beträgt der gesammte Widerstand, nemlich die Reibung an den Schienen und an den Achsen der Wagenräder, welche durch die Zugkraft überwunden werden muss, zusammen genommen $^1/_{116}$ bis $^1/_{136}$ der gesammten Last, wenn das Verhältniss der Achsen zum Durchmesser der Räder wie 1 : 12 oder wie 1 : 15 ist und die Räder aus hart gegossenem Eisen mit breiten gusseisernen Pfannen bestehen. Sind die Räder weich gegossen und die Pfannen schmal und von Messing oder Schmiedeeisen, so ist der Effekt, nach den Versuchen von Stephenson und Wood nur ungefähr $^3/_4$ von dem der vorstehenden Angabe, also der Reibungs-Koeffizient nur $^1/_{102}$ statt $^1/_{136}$.[52]) Ein mittelmässig starkes Pferd, dessen Zugkraft, bei einer Geschwindigkeit von zwei englischen Meilen in der Stunde, oder von 2,93′ in der Sekunde, zu 165 englischen Pfunden angenommen werden kann, zieht also auf einem horizon-

[51]) Wird eine Eisenbahn von einer Strasse durchschnitten, so werden die Schienen, wie gewöhnlich, auf Steinblöcken, die in der Strasse versenkt sind, in den Stühlen befestiget, auf der inneren Seite der Schiene aber ein Falz oder eine Öffnung von 2″ Tiefe und $1^1/_2$″ Breite für die Spurkränze gelassen; damit jedoch diese Öffnung sich gehörig erhalte, wird auf der andern Seite derselben, in paralleler Richtung zur Schiene, ein hinlänglich starkes, mit Eisen beschlagenes Stück Holz oder auch eine zweite Schiene eingelegt. — Die Öffnung muss von Zeit zu Zeit gereiniget werden. Zur Vermeidung dieser Mühe hat man auf der Liverpool-Eisenbahn Kanäle unter den Öffnungen angelegt durch welche ein Knabe kriechen und sie reinigen kann. —

(Gerstner's *Mechanik*, I. Bd., Seite 607.)

[52]) Da man gefunden hat, dass die auf gewöhnliche Art in Sandformen gegossenen Räder an der Oberfläche und vorzüglich in der, von dieser und dem Spurkranze gebildeten Ecke sich sehr bald ausschleifen, so werden seit mehreren Jahren die Oberflächen aller Räder mittels eines sogenannten Schalengusses erzeugt. Man legt nemlich in die Sandform einen, nach der Krümmung der Radfelge genau ausgedehnten, mehrere (2 — 6) Zoll dicken gusseisernen Ring ein, und bestreicht denselben mit Oel; das flüssige Gusseisen erstarrt an diesem kalten mit Oel bestrichenen Ringe sehr schnell, erhärtet an seiner Oberfläche und bildet ein krystallinisches Gefüge, wodurch die Oberfläche so sehr gehärtet wird, dass jezt die Räder mehrere Jahre dauern, während sie bei gewöhnlichem Sandguss, vorzüglich in gekrümmten Bahnen, nur einige Monate zu brauchen waren.

(Man vergleiche Gerstner's *Mechanik*, I. Bd., S. 609).

talen deutschen Schienenwege eine Last von 200 englischen Zentnern oder 3 gewöhnliche, sammt Gewicht und Ladung ungefähr 3 Tonnen schwere, Steinkohlen-Wagen im günstigsten Falle; folglich zehnmal so viel als auf den besten Landstrassen. Die tägliche Arbeit-Zeit wird gewöhnlich zu 10 Stunden gerechnet, so dass also ein Pferd mit obiger Last in einem Tage einen Weg von 20 englischen Meilen (oder 8,68 bayerischen Poststunden) zurück legen kann.

Die vortheilhafteste Geschwindigkeit eines jeden Pferdes ist diejenige, in welche ein Pferd fällt, wenn man dasselbe frei und unangetrieben gehen lässt. Bei schweren Pferden beträgt diese Geschwindigkeit 2 englische Meilen in der Stunde oder 2,93′ in der Sekunde und bei leichten Pferden $2\frac{1}{2}$ englische Meilen in der Stunde oder $3\frac{2}{3}$′ in der Sekunde. Man sollte, wie dis auch unsere Fuhrleute mit schweren Frachtwägen recht gut wissen, die Pferde immer in diesem Schritte gehen lassen, wenn man den grösten Nuzen von ihnen ziehen will.

Der durch die Zugkraft zu überwältigende Widerstand auf Eisenbahnen hängt ganz besonders auch von der Beschaffenheit der Schienen ab; ob sie in einem guten Zustande und alle Unebenheiten bei ihrem Zusammenstosse gehörig vermieden; ob sie gerade oder krumm und endlich ob sie trocken oder nass sind. Ausserdem hängt auch der Widerstand noch von der Grösse der Ladung ab; nimmt diese zu, so nimmt jener umgekehrt etwas, jedoch nur wenig, ab; dagegen hat die Geschwindigkeit auf die Reibung, nach den angestellten Versuchen, durchaus keinen merklichen Einfluss. Der Widerstand auf nassen Schienen verhält sich zu dem auf trockenen Schienen, nach den gemachten Erfahrungen, wie 5 : 4 und wenn die Schienen mit Staub und Koth bedeckt oder nicht gut zusammen gestossen sind, so nimmt dieser Widerstand begreiflich in einem noch weit grösseren Verhältnisse zu. [53])

Der Effekt eines mittelmässig starken Pferdes auf einer horizontalen deutschen Eisenbahn ist daher nach dem Obigen höchstens 2. 200 = 400 engliche Zentner in der Stunde, eine engl.

[53]) Über die Verschiedenheit der Reibung auf Eisenbahnen, wenn diese Schienen trocken, nass, mit Reif, Eis oder Schnee bedeckt sind, sehe man einen Aufsaz von Herrn Professor Dietlein nach, welcher sich in Crelle's *Journal* II. Band, 3tes Heft, Seite 288 befindet. —

Meile weit fortgezogen. Nimmt man an, dass diese Last auf 3 Wagen vertheilt sey, und das Gewicht eines Wagens eine Tonne betrage, so beträgt der Nuzeffekt von einem Pferde auf einem deutschen Schienenwege 340 Zentner in der Stunde.

Eisenbahnen mit Kantenschienen.
(Englische Schienenwege.)

Die Kantenschienen sind es, welche in neuester Zeit fast ausschliesslich und allgemein in England in Gebrauch gekommen sind, da sie, besonders wenn sie von gewalztem Stabeisen angefertigt werden, entschiedene Vorzüge vor den Eisenbahnen mit flachen Schienen haben.

Nur in Gegenden, wo leztere in grösserer Anzahl bereits bestehen, wie in Süd-Wales und insbesondere in der Nähe von Newcastle, wird die Anlage von neuen Bahnen mit flachen Schienen durch die Gestalt der Räder mit flachen Felgen, gleichsam bedingt, da die Räder ohne Spurkranz, — so nennt man nemlich den vorstehenden Rand der auf Kantenschienen gehenden Wagen, — die englischen Eisenbahnen nicht befahren können.

Die grössten und vorzüglichsten, in neuester Zeit erbauten Schienenwege, namentlich die Darlington- und die Liverpool-Eisenbahn sind von dem berühmten Ingenieur Stephenson nach diesem Systeme angelegt worden.

Die Kantenschienen werden, wie bereits erwähnt wurde, theils von Gusseisen, theils von Schmiedeeisen und leztere zwar von gewalztem Stabeisen konstruirt. — Der Form und dem Querschnitte nach sind diese beiden Arten von Schienen nicht verschieden; nur in ihrer Länge, wie gleichfalls oben angeführt wurde, weichen sie wesentlich von einander ab, da die gusseisernen Schienen aus Stücken von ungefähr 3′ bis 4′, dagegen die von gewalztem Stabeisen aus Stücken von 15′ bis 18′ ja selbst von 30′ Länge bestehen.

Beide Arten von Schienen, die gusseisernen wie die schmiedeeisernen, ruhen in Stühlen oder Lagern, auf welchen sie gehörig befestigt werden. Die Schienen auf der Eisenbahn bei Darlington, in der Grafschaft Durham und auf jener von Manschester nach Liverpool, welche kaum vollendet ist, sind von Stabeisen, in einer einzigen Hize unter Walzen ausgewalzt

d es muss die Schiene 6mal die Walze passiren bevor sie rtigt ist.[54])

Die Schienen haben auf diesen beiden Bahnen eine Länge 5 Yards oder 15 engl. Fuss. Jede Schiene ist in 5 Theile iner Yard abgetheilt und an jeder Abtheilung, also zwischen Enden viermal, unterstüzt. (M. vgl. die Fig. 5, Taf. IV).

Die Schiene ist an der Oberfläche 2 Zoll breit und ihre Kan- sind abgerundet, so dass die grösste Breite 2 ¼″ beträgt; die Höhe dieses Theiles ist ¾. Die darunter angebrachte Verstärkungsrippe ist an den Stellen, wo die Schiene auf den gusseisernen Stühlen aufliegt 1½″ hoch und an der untern Seite ½″ stark; in der Mitte aber hat diese Rippe im Ganzen eine Höhe von 3¼″ — 3½″ und eine Stärke von ¾,″, und ist ausserdem noch mit einer 1″ hohen und 1″ dicken Schwellung versehen. Diese Schwellung fehlt an den Abtheilungen der Schienen, wo sie auf den Stühlen ruhen, ganz und es sind die Schienen an diesen Stellen auf eine Länge von 5″ eben und gerade.

In den gusseisernen Lagern oder Stühlen, welche in den Figuren 6, 7, 8a, 8b im Aufriss, Querschnitt und im Grundriss dargestellt sind, werden die Schienen, wie schon erwähnt, mittels eines Nagels oder Stiftes, oder noch besser durch einen K e i l befestiget, denn die Erfahrung hat gelehrt, dass die Stifte gerne lose werden, die Keile aber ohne grosse Mühe in diesem Falle leicht nachgetrieben werden können. Die Lager haben zuweilen einen runden, wie Fig. 16 zeigt, zuweilen einen eckigen Ausschnitt, worin der stabeiserne oder noch besser stählerne Keil genau passt; oder es haben die Schienen auch einen hervorstehenden Absaz und die Lager eine entsprechende Vertiefung, wie Fig. 17, Taf. IV zeigt.

Die zur Aufnahme der Schienenenden bestimmten Lager haben zwar dieselben Abmessungen, wie die dazwischen liegenden Stühle, nemlich eine Länge von 6″, eine Breite von 4½″ und eine Dicke von ¾″, aber die Schienen werden in denselben durch 2 Nägel oder auch Keile befestigt. Der Theil des Lagers

[54]) Die Art, wie Schienen von Stabeisen gewalzt werden, indem sie durch 6 Model von verschiedenem Querschnitte rothglühend gezogen werden und hiedurch nach und nach die Gestalt, die sie haben sollen erhalten, findet man in der Abhandlung: *Über Schienenwege*; von O e i n h a u s e n und D e c h e n, Seite 101 u. f., ausführlich beschrieben. —

auf dem die Schiene unmittelbar aufliegt, ist stärker und kreisförmig abgerundet, damit, wenn der Stuhl durch die Nachgiebigkeit des Bodens in eine schiefe Lage kömmt, die Schiene sich nicht verrücken und namentlich nicht aus ihrer horizontalen Richtung gebracht werden können und damit die Schiene auf der Kugelfläche sich wie in einem Chaniere bewege und ohne zu brechen den verschiedenen Bewegungen nachzugeben vermöge. Die Löcher in dem Boden der Stühle, durch welche die hölzernen Nägel getrieben werden, sind etwas konisch und oben $1\frac{1}{8}''$ weit; die Löcher für die quer durchgehenden Stifte haben $\frac{1}{2}''$ im Durchmesser.

Die steinernen Würfel, welche in ihren Abmessungen sehr differiren, sind gewöhnlich $10'' - 12''$ hoch, $21''$ lang und $14''$ breit. Diese Steine werden blos auf ihrer Oberfläche abgeglichen nnd in denselben für das Lager und die Vorsprünge eine Brust und 2 Löcher von $4''$ Tiefe ausgemeisselt, in welche die hölzernen Pflöcke zur Befestigung des Lagers getrieben werden. Die Löcher im Boden, in welche die Würfel gesezt werden, werden auf eine Tiefe von $3' - 4'$ mit kleingeschlagenen Steinen angefüllt, um die Wirkuug der Frostes und die hiedurch mögliche Veränderung der Lage dieser Steine zu beseitigen. Die hölzernen Unterlagen oder Stege, deren man sich früher bediente, und die an einigen Orten, wo sie quer durch die Bahn gehen, der grössern Dauer wegen, selbst von Gusseisen gemacht wurden, bedient man sich jezt nicht mehr; auf Bahnen wo sie noch vorkommen, werden sie ausgewechselt.

Die gusseisernen Kantenschienen unterscheiden sich von den stabeisernen noch dadurch, dass sie an ihren Enden $2\frac{1}{4}''$ lange und $3\frac{1}{2}''$ hohe Laschen haben, mit welchen sie wechelseitig in den Lagern übereinander greifen. Die Laschen sind mit einem runden Loche versehen und nach ihren Enden zu etwas abgeschrägt.

Die Fig. 5, Taf. IV, stellt eine gusseiserne Kantenschiene dar, so wie sie auf dem Hatton-Schienenwege, nach den Liverpool- und Darlington-Eisenbahnen gegenwärtig dem schönsten in England, vorkömmt; ferner vergleiche man die Figuren 6, 7, 8^a und 8^b, welche die verschiedenen Ansichten eines Stuhles darstellen.

Die Kantenschienen von Gusseisen haben dieselben Abmessungen, wie die von Stabeisen, nur in der Mitte sind die Verstärkungs-Rippen stärker und höher; die gröste Höhe einer solchen

Schiene beträgt nemlich 6″, und die laufende Yard wiegt 48 $^3/_4$ Pfund, also beinahe doppelt so viel, als die auf dem Darlingtonwege, welche 28 Pfund per Yard wiegen. Um mit diesen gleiche Tragkraft zu haben, müsste sie wenigstens noch so viel wiegen; hieraus erhellt, welchen ökonomischen Vortheil die stabeisernen Schienen vor den gusseisernen, wenigstens in England, haben, wo das Stabeisen jezt nicht höher im Preisse steht, als das Gusseisen.

Die auf der Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester angewendeten Schienen sind stärker als die, welche auf dem Darlingtonwege gebraucht werden, weil jene Bahn gleich anfänglich für den Transport mit Dampfwagen bestimmt wurde, was bei dem Darlington-Schienenwege nicht der Fall war; die laufende Yard Schienen wiegt daher 35 Pfund. Ein Stuhl wiegt gewöhnlich 6 bis 10 Pfund.

Über die Tragkraft der Kantenschienen von Gusseisen hat Wood Versuche angestellt. Schienen von Gusseisen, wie die auf der Hattonbahn gebräuchlichen, deren Abmessungen oben angeben sind, wogen bei 45$^1/_2$″ Länge und aus, mit altem Brucheisen gemischten Eisen gegossen, 58 Pfund. Mit dem spezifischen Gewichte der Schienen vermehrt sich auch ihre Tragkraft und in Berücksichtigung der verschiedenen Gewichte verhalten sich die Tragkräfte der ersten Art zu der zweiten wie 1 : 1,35. Die geringste Last, welche eine der obigen Schienen zerbrochen hat, war bei gemischtem Eisen 140 Zentner und bei ungemischtem 100 Zentner. Auf diesen Schienen gehen 80 Zentner schwere Wagen mit Sicherheit; demnach bricht die Schiene erst bei dem 7- oder 5fachen der Belastung, welche gewöhnlich darauf ruht.

Nach Tredgold soll die Breite der Schiene der darauf ruhenden Belastung proportional seyn; bei einer Belastung von 20 Zentner auf jedes Rad hat die Erfahrung eine obere Breite von 2″, 2$^1/_4$″ bis 2$^1/_2$″ gut geheissen. Die mittlere Stärke der Schiene soll der halben obern Breite und die geringste Stärke einem Viertel der oberen Breite gleich, in jedem Falle aber nicht unter $^1/_2$″ dick seyn. Hiernach vertheilt man die Masse einer Schiene so, dass die meiste Masse oben und unten, und die wenigste in der Mitte ist. Auf schiefen Ebenen muss man wegen der ungleichen Vertheilung der Last auf den Rädern die Schienen stärker machen. Sezt man das Gewicht eines Rades

in Zentnern = p, die Länge einer Schiene = l, und die mittlere Breite = b, so ist, nach Tredgold, für gewöhnliche Schienenwege $bh^2 = 0{,}022\ pl$; für die zum öffentlichen Gebrauche bestimmte Schienen soll man ihre Stärke aber um $\frac{1}{3}$ vermehren, also $bh^2 = 0{,}0293\ pl$ annhemen.

Noch ist zu bemerken, dass die gewöhnliche Form der englischen Schienen auf ihrer untern Seite eine parabolische Krümmung hat, und die Schiene diese Form, der Theorie zufolge, haben muss, wenn die Last blos in der Mitte wirksam gedacht wird; ist aber die Last gleichförmig auf der Schiene vertheilt, wie es bei dem darüber Hinrollen der Last angenommen werden kann, so ist die Schiene am stärksten, wenn die untere Seite eine halbe Ellipse bildet. [55]

[55] Um zu zeigen, dass die untere Begrenzungslinie einer Schiene von Gusseisen, welche als ein harter unbiegsamer Körper angenommen werden kann, eine Ellipse ist, sey die Länge der an beiden Enden unterstützten Schiene = a, ihre Breite = b, der Abstand der Last von dem einen Ende = x, die dazu gehörige Höhe der Schiene = y, der Brechungs-Koeffizient, nach der Erfahrung, für einen Quadratzoll = k, und alle Abmessungen seyen gleichfalls in Zollen ausgedrückt, so ist nach bekannten Lehren der Statik, die Last P, welche einen Bruch in x zu veranlassen im Stande ist:

$$Q = \frac{y^2 \cdot b \cdot K}{2\,(a - x)\,x} \quad \text{und}$$

$$y^2 = \frac{2\,(a - x)\,x \cdot Q}{b\,K}; \qquad \text{(I)}$$

y wird am grössten für $x = \frac{1}{2}\,a$, sezt man also den Werth von y in diesem Falle = c, so hat man

$$c^2 = \frac{a^2\,Q}{2\,b\,K}, \qquad \text{(II)}$$

und wird die erste Gleichung mit der zweiten getheilt, so erhält man

$$\frac{y^2}{c^2} = 4\,a^2\,(a - x)\,x \quad \text{oder}$$

$$y^2 = 4\,\frac{a^2}{c^2}\,(a - x)\,x, \qquad \text{(III)}$$

welches bekanntlich die Gleichung einer Ellipse ist, deren grosse Achse a und deren kleiue Achse c ist. —

Da nun die Dicke der Schienen an ihren Enden, wo sie auf den Lagern aufliegen, nicht Null ist, sondern diese daselbst immer noch eine gewisse Dicke haben, so sey diese Dicke = d, und die Höhe der Schiene, um welche ihre Dicke auf die Entfernung x vom Ende zunimmt = y, so hat man wie oben

$$(d + x)^2 = \frac{4\,a^2}{c^2}\,(a - x)\,x \quad \text{und hieraus}$$

$$y = \pm\,\frac{2\,a}{c}\,\sqrt{(a - x)\,x} - d, \qquad \text{(IV)}$$

Aus den über die Tragkraft der Kantenschienen von gewalztem Stabeisen angestellten Versuchen, wie sie auf der Darlington- und Liverpool-Bahn vorkommen, geht hervor, dass eine gehörig befestigte Schiene eine grössere Tragkraft besizt, als eine nur lose aufliegende, woraus sich auch unmittelbar die Vorzüglichkeit langer, auf mehreren Unterlagen befestigten Schienen ergiebt. Das Gewicht, welches bei diesen Schienen anfängt eine bleibende Biegung hervorzubringen und die bei einer Last von 140 Zentnern auf einer nur lose aufliegenden 3′ langen Schiene 0,25 Zoll beträgt, ist demnach beinahe ebenso gross, als dasjenige, welches bei den vorhergehenden gusseisernen Schienen schon einen Bruch verursachte; die augenblicklich dadurch hervorgebrachte Biegung betrug ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll.

Nach Tredgold soll die obere Breite einer Schiene von Stabeisen 2 Zoll und ihre mittlere Stärke $\frac{3}{8}$ dieser Breite sey; nach demselben Ingenieur hat man ferner bei der oben angenommenen Bezeichnung für Kantenschienen von gewalztem Stabeisen $bh = 0{,}01525\ pl$ und es verhalten sich hiernach die Gewichte gewalzter und gegossener Schienen von gleicher Tragkraft wie 1 : 1,44, wenn man für erstere das Gewicht, welches eine beständige Biegung, und für leztere das Gewicht, welches einen Bruch bewirkt, annimmt. [56])

aus welcher Gleichung, wenn c bekannt ist, die Dicke y in einem beliebigen Punkte der Schiene gefunden werden kann. —

Für $y = 0$ findet man

$$d = \pm \frac{2a}{c} \sqrt{(a - x)\,x} \qquad (V)$$

[56]) Wood hat mit Schienen von Stabeisen, welche für die Darlington-Eisenbahn bestimmt waren, Versuche angestellt. Die Schienen waren von Abschnizel-Eisen (scrap iron); die Entfernung der Unterlagen betrug 3′; die Höhe in der Mitte $3\frac{7}{16}''$, an den Enden $2\frac{1}{4}''$; die Breite der oberen Fläche $2\frac{1}{4}''$; die Stärke ungefähr $\frac{5}{8}''$, das Gewicht pro Yard 28 ℔. Die Schiene hatte 9′ Länge und wurde auf den Lagern ebenso befestigt, als auf dem Schienenwege. Die Schienen wurden in ihrer Mitte mit verschiedenen Gewichten beschwert und die Senkungen, welche den Gewichten von 84, 112, und 131,5 Zentnern entsprachen, waren 0,2″, 9,35″, 0,47″ und 0,57″. Nach jedesmaliger Hinwegnahme dieser Gewichte nahm die Schiene wieder ihre gerade Gestalt an. Bei dem Gewicht von 154 Zentner betrug die grösste Senkung 0,92″ und die Schiene nahm, ohne sonst weiters beschädigt zu scheinen, eine bleibende Biegung von 0,24″ an.

Der Reibungs-Koefficient kann auf den englischen Kantenschienen von Gusseisen bei einem Verhältnisse der Rad- und Achsen-Durchmesser von 12 : 1, bei hart gegossenen Rädern, breiten Pfannen und wenn Räder und Achsen $1/7$ — $1/8$ der ganzen Wagenlast betragen, zu $1/120$ = 0,005 angenommen werden.

Eine 3′ lange ähnliche Schiene wurde, ohne weiters befestigt zu werden, frei auf ihre Lager gelegt; bei einer Last von $127^3/_4$ kehrte sie wieder in ihre vorige Gestalt zurück; bei einem Gewichte von 140 Zentnern nahm sie aber eine bleibende Biegung von 0,25″ an.

Diese Versuche zeigen, welchen Vortheil lange, gehörig befestigte Schienen über nur lose-aufliegende haben; und es geht hieraus zugleich die im Texte erwähnte Vorzüglichkeit langer Schienen hervor.

Es ist einleuchtend, dass in Bezug auf Ökonomie zwischen der Länge der Schienen und der Anzahl der Stühle, auf welchen jene liegen, ein gewisses Verhältniss für ein und dieselbe Belastung Statt finden muss, welches das vortheilhafteste von allen ist. Nach dem was oben S. 301 u. 303 angeführt wurde, sind wir im Stande, die Tragkraft einer Schiene von Guss- oder Schmiedeeisen zu berechnen. Sezen wir nun im Allgemeinen die Länge einer Schiene zwischen ihren Unterlagen = x, ihre mittlere Stärke = b, ihre Höhe = h, das Gewicht von einem Kubikzoll ihres Materials in Pfunden = g und den durch Erfahrung bestimmten Festigkeits-Koeffizienten = γ; sezt man ferner das ganze Gewicht eines Stuhles, welches man für gleiche darüber hingehende Lasten zu 10 % als unveränderlich und als unabhängig von dem Gewichte der Schienen, betrachten kann, = p; und den Preis für das Pfund Eisen zu den Schienen = m und zu den Stühlen = n, so ist das Gewicht einer Schiene = g b h x, und für ihre Tragkraft hat man die Gleichung

$$\gamma q x = b h^2 \text{ und } h = \sqrt{\frac{\gamma q x}{b}},$$

also ist das Gewicht der Schiene $= g b x \sqrt{\frac{\gamma q x}{b}}$ und ihr Werth in Geld

$$= m g b x . \sqrt{\frac{\gamma q x}{b}} .$$

Die auf einer beliebigen Länge des Schienenweges für eine Seite erforderliche Anzahl von Schienen ist $= \frac{1}{x}$ und die Anzahl der Stühle ist $= \frac{1}{x} + 1$; folglich sind die Kosten der Schienen und der Stühle auf diese Länge

$$= \frac{1}{x} . m g b x . \sqrt{\frac{\gamma q x}{b}} + p n \left(\frac{1}{x} + 1\right)$$

$$= 1 m g . \sqrt{\gamma q b x} + p n \left(\frac{1 + x}{x}\right)$$

Dieser Ausdruck soll nun ein Minimum seyn; wird derselbe differentiirt und = o gesezt, so erhält man:

Bei den besten Wagen mit harten Rädern und gusseisernen Pfannen beträgt der Reibungs-Koefficient, unter günstigen Umständen, sogar nur $\frac{1}{219}$; dagegen bei den mit weichen Rädern und schmiedeeisernen Pfannen $\frac{1}{114}$, also ist in lezterem Falle der Widerstand fast um die Hälfte grösser. — Ob die Reibung auf schmiedeeisernen Schienen, wie man vermuthet, geringer ist, als auf gusseisernen, ist durch Versuche noch nicht ausgemittelt; übrigens wenn dis auch nicht der Fall ist, so geht schon aus dem Vorhergehenden hervor, dass die ersteren den lezteren vorzuziehen sind.

Fassen wir alle Vorzüge der Schienen von gewalztem Stabeisen gegen jene von Gusseisen noch kurz zusammen, so erhellt:

1) dass die Schienen von Stabeisen bei gleicher Tragkraft weniger wiegen, folglich nicht so kostspielig sind als die gusseisernen;

2) dass die ersten nicht so leicht mit Staub und Koth bedeckt werden als die leztern, wodurch der Widerstand um mehr als die Hälfte vermindert wird;

3) dass die erstern der Gefahr des Zerbrechens weniger ausgesezt sind, als die leztern;

4) dass die Schienen von Stabeisen, bei einer wenigstens vierfach grössern Länge als die von Gusseissen, in demselben Verhältnisse weniger Stösse haben; daher die Wagen auch sanfter darüber hinrollen und durch Vermeidung öfterer Stösse Schienen und Wagen weniger Schaden leiden.

5) dass die gewalzten Schienen sich viel sicherer und dauerhafter befestigen lassen, als die gusseisernen;

6) dass allenfalsige Krümmungen einer Eisenbahn sich viel gleichförmiger durch Schienen von Stabeisen herstellen lassen, als durch Schienen von Gusseisen, da erstere sich biegen, was bei den leztern nicht der Fall ist; und endlich

$$\tfrac{1}{2}\, l\, m\, g \sqrt{(b\, d\, \gamma)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x}} - \frac{p\, n\, l}{x^2} = 0$$

und hieraus $x = \sqrt[3]{\left(\frac{2\, p\, n}{m\, g \sqrt{b\, \gamma\, d}}\right)^2}$.

Ist $9 = 20$ Zentner, $b = 1{,}25''$, $p = 10$ ℔ oder 0,089 Zentner; für Stabeisen $\gamma = 0{,}015$, $g = 0{,}266$ ℔ oder 0,0026 Zentner und $n = \frac{3}{4}\, m$, so ist $x = 19{,}2''$ und hieraus die Höhe einer Schiene $= 2{,}1''$ und ihr Gewicht $= 13{,}1$ ℔. —

Sind Schienen und Stühle von Gusseisen, so ist $\gamma = 0{,}0293$ und $m = n$, also $x = 18{,}5''$, die Höhe $= 2{,}9''$, und das Gewicht der Schiene $= 17{,}4$ ℔. —

7) dass die gusseisernen Schienen viel eher bei starkem Froste springen, als die von Stabeisen. [57])

Die Last, welche ein mittelmässiges starkes Pferd auf einer horizontalen englischen Kanten-Eisenbahn fort zu ziehen im Stande ist, beträgt, nach den vorausgehenden Angaben, 200 $\times$ 165 = 33000 Pfund oder 295 englische Zentner, und wenn der Reibungs-Koefficient, unter sehr günstigen Umsänden, zu $^1/_{219}$ angenommen wird, so beträgt die Last, welche von einem Pferde auf einer horizontalen Kantenbahn gezogen wird, 219 $\times$ 165 = 322 englische Zentner oder 4 Chaldron-Wagen, welche mit den Wagen zu 25 Zentnern im Ganzen ungefähr 16 Tonnen wiegen. Ein Pferd zieht also auf einem solchen Schienenwege fast eben so viele Tonnen, als es bei uns auf der besten Strasse Zentner zu ziehen im Stande ist; mit einer solchen Last legt es in einer Stunde auf der Darlington Eisenbahn gemächlich 3 englische Meilen zurück, oder in einem Tage, die eine in die andere gerechnet, 24 englische Meilen, oder ungefähr 10,4 bayerische Stunden. Auf ähnliche Art wie bei den deutschen Bahnen lässt sich hier wieder der ganze Effekt, sowie jener eines Pferdes für die englischen Eisenbahnen berechnen.

Hat die Bahn eine Neigung, so dass die Wagen durch ihre eigene Schwere, entweder ganz oder zum Theil herabrollen, so

[57]) Strickland spricht sich in seinen *Reports* weder zum Vortheile der gusseisernen noch zum Vortheile der stabeisernen Schienen aus. Er giebt zu, dass die Schienen von Stabeisen etwas weniger kosten und entschieden vortheilhafter sind, auf Bahnen, worauf, wie in Bergwerken, kleine Lasten gehen; allein für schwere Lasten seyen sie zu weich, ihre Oberflächen dehnen sich aus und blättern sich ab. Diese Nachtheile würden jedoch auch wieder von andern Ingenieuren geläugnet, welche dagegen noch ferner anführen, was wir zum Vortheil der stabeisernen Schienen bereits im Texte oben gesagt haben.

„Es ist schwer," fährt Strickland in seinem Berichte fort, „über beide Arten von Schienen zu entscheiden, da die darauf Bezug habenden Fakta selbst bestritten werden. — Man hat auch versucht, beide Arten miteinander zu vereinigen, indem man die obere Kante von Gusseisen auf der die Wagen laufen an einen geeignet gestalteten Stab von Schmiedeeisen angiessen wollte; allein der Versuch ist bis jezt noch nicht gelungen, da es schwer ist einen solchen Guss zu machen."

„Unstreitig würde eine solche Schiene jeder bis jezt gebrauchten vorzuziehen seyn; das Gusseisen hat eine lange Erfahrung für sich, und wo man gehärtete Räder gebraucht, würde ich, wie die Sache jezt steht, den Vorzug geben." —

ist der Effekt der Pferde natürlich viel grösser; wir werden weiter unten, wo von den geneigten Ebenen die Rede seyn wird, hierauf wieder zurückkommen und bemerken nur noch, dass auf den Strecken mit einer Neigung von 1′ auf 160′ Länge, wie sie z. B. auf der Darlington-Bahn vorkommen, die Wagen durch ihre eigene Schwere herabrollen, und die Pferde in einem hinten angehängten Wagen selbst mit herabgeführt werden.

Die auf den englischen Schienenwegen gehenden Wagen sind von denen, welche auf den deutschen Bahnen gehen, nur durch den vorstehenden Rand der Felgen der Räder oder den sogenannten Spurkranz verschieden. Die Räder haben gewöhnlich 30 Zoll im Durchmesser und einen 3″ bis 3¼″ breiten Radkranz, über den der Spurkranz ¾″ bis 1¼″ in einer etwas schiefen Richtung hervorsteht. Die Eisenstärke des Radkranzes beträgt ½″ — ⅝″, und da wo der Spurkranz ansizt 1⅛″ bis 1½″. Das Gewicht eines der schweren 30″ hohen gusseisernen Räder beträgt 250 — 280 Pfund. Das vortheilhafteste Gewicht der Wagen mit ihrer Last wird durch die Erfahrung zu 3 Tonnen oder 48,6 bayerischen Zentnern bestimmt.

Die leichtesten Wagen, welche auf Eisenbahnen in England gehen, wiegen 10 Zentner oder ½ Tonne und ihre Ladung beträgt 2½ Tonnen, also Gewicht des Wagens und der Ladung zusammen 3 Tonnen. [58]) —

[58]) Wir sind zwar durch die im Texte angegebenen Daten in den Stand gesezt, die auf den verschiedenen Eisenbahnen erforderliche Zugkraft nach verlässigen Erfahrungen zu bestimmen, wenn das Verhältniss der Durchmesser der Achsen zu dem der Räder, so wie das Material, aus welchem beide bestehen, bestimmt angegeben sind; allein wir wissen noch nicht, wie gross der Einfluss dieses Verhältnisses und des Materials von Achse und Nabe auf die Zugkraft selbst ist. — Um denselben kennen zu lernen, sey der Halbmesser des Rades $= R$ und der Halbmesser der Achse $= r$; das Gewicht des Wagens mit der Ladung $= Q$ und der Koeffizient für die Reibung oder der Widerstand am Boden $= m$. — Wäre die Achse an dem Rade fest, so dass durch die Kraft das Rad fortgezogen oder auf den Boden vielmehr fortgeschleift würde, so wäre der Widerstand am Boden begreiflich $= mQ$, und in diesem Falle die Zugkraft $P = mQ$. Da nun aber die Achse in der Büchse sich umdreht, so entsteht von dem Drucke der auf den Achsen ruhenden Last am Umfang der Achse ein Widerstand, nemlich die Reibung zwischen Achse und Büchse, welcher dem Drucke proportional, und den Reibungs-Koeffizienten zwischen Büchse und Achse $= \mu$ gesezt, $= \mu Q$ ist; vorausge-

Es ist hier der Ort von den Dampfwagen einiges anzuführen, welche gegenwärtig in England so sehr die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich ziehen und die bereits auf mehreren Eisenbahnen, namentlich der Hatton-, der Darlington- und auch der Liverpool-Eisenbahn im Gange sind.

Schon vor 20 Jahren und noch früher wurden Vorschläge und auch Versuche gemacht, mit Dampfwagen zu fahren. Um sie in Bewegung zu sezen, brachte man an denselben noch ein fünftes verzahntes Rad, entweder in der Mitte des Wagens oder an der Seite zwischen den Rädern an, dessen Zähne in eine gleichfalls verzahnte Stange eingriffen. — Es musste demnach zwischen den Schienen der Bahn entweder noch eine dritte Schiene gelegt, oder eine der eigentlichen Eisenbahn-Schienen mit einem verzahnten Rande versehen werden. Mit solchen Dampfwagen war es möglich auch schiefe Ebenen hinanzusteigen. In neuester Zeit hat man dieses System von Dampfwagen verlassen. Die Dampfwagen, welche gegenwärtig in England angewendet werden, haben kein verzahntes fünftes Rad; der Widerstand der durch die Reibung, zwischen Rad und Schiene Statt findet, reicht hin, den Wagen in Bewegung zu sezen, und ihn in derselben zu erhalten, wenn die Räder sich umdrehen. — Die Schienen der Eisenbahnen, auf welchen Dampfwagen gehen, werden daher gerade so wie die oben beschriebenen konstruirt.

sezt, dass man das Gewicht des unterhalb der Achse liegenden Theiles der Räder als unbedeutend nicht berücksichtigt.

Wird dieser Widerstand auf den Umfang des Rades reduzirt, so ist derselbe $= \frac{r}{R} \mu Q$. Es kann nun das Rad nur in dem Falle umgedreht werden, wenn der Widerstand m Q grösser, als $\frac{r}{R} . \mu Q$ ist; ist aber m Q kleiner, wie dis manchmal im Winter auf glatten Schneebahnen, wenn die Schmiere in den Büchsen eingefroren ist, Statt findet, so kann sich das Rad nicht umdrehen.

Die nach horizontaler Richtung wirkende Zugkraft ist also

$$P = m Q + \frac{r}{R} \mu Q .$$

Bei messingenen Büchsen und guter Schmiere kann, nach Cordier μ zu $\frac{1}{11,5}$ und mit alter Schmiere zu $\frac{1}{8,5}$, also im Mittel zu $1/_{10}$ angenommen werden; für gusseiserne Pfannen und harte Räder kann man aber μ wohl $= 1/_{16}$ annehmen. — Sezt man ausserdem, wie dis bei den Wagen auf Eisen-

Wegen des grössern Gewichts und der grössern Schnelligkeit der Dampfwagen werden die Schienen, wie dis bereits oben bemerkt wurde, um den 4ten Theil ihres Gewichts stärker gemacht.

Nach der Meinung des englischen Ingenieurs Walker, welcher im Jänner des Jahres 1829 von der Direktion der Liverpool Eisenbahn abgesandt war, um die verschiedenen, zur Ausführung gekommenen Systeme von Dampfwagen zu untersuchen, soll der vortheilhafteste Dampfwagen die Kraft von 10 Pferden haben; die Räder sollen 5 Fuss hoch seyn; der Druck des Dampfes soll auf den Quadratzoll 40 bis 50 ℔ und die Hubhöhe des Kolbens 24″ und das ganze Gewicht der Maschine mit dem Munitionswagen, welcher die Kohlen und das Wasser führt, nicht mehr als 10 Tonnen betragen. Die neuesten Dampfwagen von denen wir später mehr anführen werden, sind kaum halb so schwer. — Der Verbrauch an Koh-

bahnen der Fall ist $\frac{r}{R} = \frac{1}{16}$, *) so ist $\frac{\mu r}{R} = \frac{1}{240}$ und für Q = 16 Tonnen = 35840 ℔.

$$\frac{r}{R}\,\mu\,Q = 149{,}3 \text{ ℔}.$$

Um den Werth des Koeffizienten m zu bestimmen, erinnere man sich, dass, nach den Versuchen von Coulomb, die wälzende Reibung sich direkt wie die Pressungen und verkehrt wie die Durchmesser der Walzen verhält und dass bei einer 1000 ℔ schweren eisernen Walze von 6″ Durchmesser die Reibung 6 ℔ betrug. Nehmen wir nun wieder R = 34″, so ist der Werth von m, wenn das Rad und die Bahn auf welcher das Rad geht, von Eichenholz wäre

$$m = \frac{6}{34} \cdot \frac{6}{1000} \cdot Q$$

und für Q = 16 Tonnen = $\frac{36}{34} \cdot \frac{35840}{1000} = 37{,}9$ ℔.

Da die Reibung von polirtem Eichenholz auf Eichenholz, mit welchem Coulomb den angeführten Versuch anstellte, mit der von Eisen auf Eisen, welches durch längeres Befahren auch sehr glatt abgeschliffen ist, als gleich gross angesehen werden kann, wie es auch Herr Professor Dr. Dietlein annimmt, (man vergl. Crelle's *Journal* II. Band, 3tes Heft, S. 203) so hat man in diesem Falle:

$$P = m\,Q + \frac{r}{R}\,\mu\,Q = 37{,}9 \text{ ℔} + 149{,}3 \text{ ℔ oder}$$

$$P = 186{,}2 \text{ englische ℔}.$$

*) Auf der Budweiser-Bahn ist $\frac{r}{R} = \frac{1}{24}$; man wird demnach bei gut gebauten Wagen immer $\mu \frac{r}{R}$ zu $\frac{1}{240}$ annehmen können. —

len wird zu $2\frac{1}{2}$ ℔ per Meile und Stunde und die Kosten eines solchen Dampfwagens werden zu 600 Pfund Sterling angeschlagen.

Im Winter, wenn die Bahn nass ist, zieht ein Dampfwagen 16, und im Sommer, wenn die Bahn trocken ist 20, mit einem Chaldron Kohlen beladene Wagen; folglich beträgt die ganze Last, welche ein Dampfwagen im Sommer zieht, jeden der 20 leeren Wagen zu einer Tonne gerechnet, 1460 Zentner oder 73 Tonnen, — Die Dampfwagen leisten also ebensoviel, als 4 bis 5 Pferde, wobei jedoch die Geschwindigkeit wenigstens noch so gross, als die der Pferde ist, folglich kann ihr Effekt dem von 8 bis 10 Pferden gleich gerechnet werden.

Überzeugt von den grossen Vortheilen, welche die Einführung der Dampfwagen auf der Liverpool-Eisenbahn bringen würde, liess die Direktion dieser Bahn, nicht nur durch zwei eigens nach dem nördlichen England abgeschickte Ingenieure worunter der bereits genannte Ingenieur Walker war, die verschiedenen, in Anwendung gekommenen Dampfwagen untersuchen, sondern sie sezte auch noch einen Preis von 500 Pfund Sterling für den best-konstruirten Dampfwagen fest, und bestimmte in der Preis-Aufgabe, dass das Gewicht des Dampfwagens ohne seinen Munitionswagen nicht über 6 Tonnen betragen dürfe, dass die Ladung wenigstens 3mal so gross als sein Gewicht seyn müsse, und dass der Wagen nicht langsamer als mit 10 englischen Meilen in der Stunde fahren dürfe.

was bekanntlich die Kraft eines starken englischen Pferdes ist, welches auf einer guten Kanten-Eisenbahn 16 Tonnen fortzuziehen vermag.

Erfahrungen, nach welchen die Reibung an den Achsen von der am Boden getrennt ausgemittelt worden wäre, sind uns keine bekannt. Gewöhnlich wird, wie dis auch im Texte nach den Angaben englischer Ingenieure geschah, der Widerstand für beide Arten von Reibung im Ganzen angegeben; dis ist auch bei den von Wood auf einer Kanten-Eisenbahn angestellten Versuchen der Fall. Die Schienen, auf welchen die Versuche angestellt wurden, waren gegossen, oben $3\frac{1}{2}''$ breit und $39\frac{1}{2}''$ lang. — Die Räder der Wagen waren auf den Achsen fest, hatten 34″ im Durchmesser und einen $\frac{3}{4}''$ vorstehenden Spurkranz und die Achsen sind $2\frac{3}{4}''$ dick und von Schmiedeeisen. — Bei den besten Wagen, mit harten gegossenen Rädern und gusseisernen Pfannen, war der Reibungs-Koeffizient $\frac{1}{219}$ und bei den schlechtesten, mit nicht harten Rädern und breiten schmiedeeisernen Pfannen, $\frac{1}{114}$. —

Der Ingenieur Stephenson erhielt den Preis; sein Dampfwagen, die Rakete (the Rocket), zog 3mal so viel als er selbst wog und er fuhr mit demselben 12½ englische Meilen in einer Stunde; mit einem blos mit 30 Personen besezten Wagen machte er 22 bis 28 engl. Meilen (9½ — 12 bayerische Poststunden) in der Stunde. Die Rakete wog 4 Tonnen 3 Zentner und mit ihrem Munitionswagen im Ganzen 5 Tonnen 17 Centner. Die Fig. 18, Taf. IV. stellt diesen Dampfwagen mit seinen Munitions-Wagen im Aufrisse dar.

Der Kessel A hat 6′ Länge und 3′ im Durchmesser; der Ofen B hat 6′ Länge und 3′ im Durchmesser und ist mit einem eisernen Überzug versehen, zwischen welchem und dem Feuerherde ein Zwischenraum von 3″ bleibt, der mit Wasser ausgefüllt ist und mit dem Kessel in Verbindung steht. Die erhizte Luft des Kessels cirkulirt durch denselben mittels 25 kupferner Röhren von 3″ im Durchmesser, welche sich in dem langen Schorsteine C enden.

F, G sind Sicherheitsklappen und H, H ist die Dampfröhre; D ist einer der zwei Dampfcylinder, welche sich unter einem Winkel gegen die Räder hinneigen und den Kessel, zwischen sich, wie zwei Arme umfassen. E ist eine der Verbindungsstangen, welche den Rädern Bewegung mittheilt, a ist der Schieber des Stempels vom Cylinder, den man in der Figur sieht und o eine der Entweichungsröhren. M ist der Theil des Munitionswagens, welcher für das Brennmaterial bestimmt ist; N ist das Wasserfass.

Sezt man den Effekt des Wagens mit harten Rädern und gusseisernen Pfannen = 1,000, so ist der Effekt des Wagens mit harten Rädern und messingenen Pfannen 0,904
mit harten Rädern und schmiedeeisernen Pfannen 0,707
mit weichen Rädern und gusseisernen Pfannen 0,707
mit weichen Rädern und messingenen Pfannen 0,641
mit weichen Rädern und schmiedeeisernen Pfannen 0,534.

Diese Angaben sind aus Karsten's *Archiv* 19ter Band, 1s Heft, S. 201, entlehnt.

Es würde uns zu weit führen, wollten wir die oben aufgestellte Formel, welche, so einfach sie auch ist, doch von keinem Schriftsteller, so viel uns bekannt, in dieser Allgemeinheit und Einfachheit aufgestellt wurde, noch auf andere Beispiele und namentlich auf gewöhnliche Stein - Strassen anwenden. Selbst Herr Ritter von Gerstner, welcher am vollständigsten die Theorie der Fuhrwerke in seinem *Handbuche der Mechanik*, Prag 1831, abhandelt,

Ein anderer, von dem schwedischen Ingenieur Ericson angebener Dampfwagen, die Neuigkeit (the Novelty), welcher seine Munition selbst auf seinem Rücken trug, 2 Tonnen 15 Zentner, und mit dem Wasser und den Kohlen, 3 Tonnen 10 Zentner, wog, legte mit einer Ladung, welche 3mal so gross, als sein eigenes Gewicht war, so dass die ganze Last 15 Tonnen betrug, in einer Stunde $20\frac{3}{4}$ englische Meilen (9 bayer. Stunden) zurück und als die Last später blos auf das Gewicht eines Wagens mit 45 Personen zu ungefähr $3\frac{1}{2}$ Tonnen reduzirt wurde, also die ganze Last nur 9 Tonnen betrug, legte er einen Weg von 30 bis 32 englischen Meilen (13 bis 13,86 Stdn.) in der Stunde zurück. — Dieser Dampfwagen, nach einem neuen Systeme und eben so elegant als solid erbaut, erfreute sich des allgemeinsten Beifalls; ein unbedeutendes Unglück war Ursache, dass er den Forderungeu der Aufgabe nicht entsprechen und den Preiss nicht erhalten konnte.

Nach den neuesten Anzeigen (Journal du Génie civil, Tom. VI, pag. 383, Paris 1830.) soll die Rakete von Stephenson mit einer Last von 40 Tonnen, das Gewicht des Wagens mitbegriffen, einen Weg von 14 Meilen und mit Passagiren einen Weg von 28 Meilen; und die Neuigkeit soll, was fast unglaublich scheint, mit einer Ladung sogar einen Weg von 30 und mit Passagiren einen Weg von 50 englischen Meilen in der

scheint Seite 574, wo er vom Widerstande an den Achsen spricht, die Reibung an der Achse mit der am Boden zu verwechseln, da er zwar den Widerstand, der durch das Einschneiden der Räder in weichen Boden stattfindet, berücksichtiget, aber bei festen Strassen, wie bei Eisenbahnen, einen Widerstand am Boden gar nicht annimmt.

Über den Widerstand der Zugkraft auf verschiedenen Strassen wollen wir noch folgende Erfahrungen aus Cordier und aus Dingler's *Journal* (34. Bd., Heft 5) anführen.

Sezt man das Gewicht des Wagens und der Zugkraft = Q, so ist die wirkliche Zugkraft bei Strassen

in losem Sande	0,165 — 0,240	im Mittel . . =	0,204 Q.
Neu beschüttete Wege . .	0,121 — 0,180	» » . . =	0,143 Q.
Gewöhnlicher Erdweg . .	0,091 — 0,121	» » . . =	0,106 Q.
Harter fester Lehm	0,036 — 0,061	» » . . =	0,053 Q.
Trockner harter Wiesengrund		. =	0,040 Q.
Strasse, etwas kothig 0,030) Strasse, mehr kothig 0,039)		. =	$0,024\frac{1}{2}$ Q.
Strasse, frei von Schutt und von Koth	0,030 — 0,031	. =	$0,030\frac{1}{2}$ Q.

Stunde zurückgelegt haben; — hiebei ist der Gang dieser Wagen so sanft und stetig, dass man, wie Mehrere versichern, auf denselben, während der Fahrt, lesen und schreiben kann. —

Die Dampfwagen erfordern zu ihrer Bedienung nur einen Mann und einen Knaben. Beträgt die Neigung der Eisenbahnen nicht mehr, als $^1/_2$ oder höchstens $^1/_{96}$ pr. $^0/_0$, so können auf denselben, noch mit Vortheil, Dampfwagen gehen, ist aber die Neigung stärker, und beträgt sie $^1/_{60}$, so können die Dampfwagen nur die Hälfte der Last fortschaffen, welche sie auf horizontaler Bahn ziehen, also statt 20 — 24 nur 10 — 12 Chaldron - Wagen; bei einer Neigung von $^1/_{48}$ muss ihnen aber durch Pferde oder andere mechanische Vorrichtungen, z. B. durch stehende Dampfmaschienen, nachgeholfen werden. —

Im Vorhergehenden sind die Daten enthalten, um den Effekt der Dampfwagen mit denen der Pferde unter verschiedenen Umständen zu vergleichen. Die Rechnungen sind einfach und leicht; wir halten es für unnöthig uns dabei zu verweilen.

Ausser den beweglichen Dampfwagen ist in England, selbst auf horizontalen oder nur wenig geneigten Eisenbahnen, ein System mit stehenden, in Stationen von 1 bis $1^1/_2$ Meilen aufgestellten, Dampfmaschinen zur Ausführung gekommen, durch welche die Wagen mittelst Seilen oder Ketten, die über Frik-

Die Breite der Radfelgen hat auf den Eisenbahnen keinen erheblichen Einfluss; desto grösser ist aber derselbe auf gewöhnlichen Stein-Strassen, wie jezt allgemein anerkannt wird. — Man vergleiche hierüber Herrn Ritter von Gerstner's *Mechanik*, S. 585 und 596; und Herrn Oberbaurathes A. von Schlichtegroll's *Abhandlung über den Nuzen breitfelgigter Räder* München 1819. —

Hat die Eisenbahn eine Neigung, so lässt sich mit Hülfe der Formel (I) Note 25 und der obigen Angaben in allen Fällen die Zugkraft bestimmen. Z. B.

Ist die Neigung $= \frac{1}{50}$, $\mu = \frac{1}{200}$, Q = 16 Tonnen, so ist die Zugkraft $P = \frac{\mu g + h}{1 - 2h} \cdot Q = 933$ engl. ℔ oder 5mal so gross als auf horizontaler Bahn.

Ist die Neigung $= \frac{1}{100}$, so ist P = 548 engl. ℔ oder fast 3mal so gross etc.; und ist die Neigung $= \frac{1}{160}$, so ist P = 408 engl. ℔ oder 2mal so gross.

tions-Rollen laufen, vorwärts gezogen werden. Der Ingenieur Walker zog das System der stehenden Dampfmaschienen dem der Dampfwagen vor, ehe diese lezteren die Verbesserungen erhalten hatten, welche in jüngster Zeit an ihnen angebracht worden sind. Es würde zu weit führen, wollten wir uns auf fernere Details hierüber einlassen; wir begnügen uns anzuführen, dass man im 34ten, 35ten, 39ten und 40ten Bande von Dingler's polytechnischem Journale; dann im VI. und VII. Bande vom Journal du Génie civil; im Archiv für Berg- und Hüttenbau, 19ter Band, erstes Heft, und endlich in Strickland's Reports (Philadelphia 1826), ausführliche Mittheilungen über beide Systeme von Dampfwagen, sowie über Eisenbahnen im Allgemeinen findet. [59])

Palmer'sche Eisenbahnen.
(Schwebende Schienenwege).

Die Konstruktion dieser Art Bahnen, von welcher schon zu Anfang dieses Kapitels Erwähnung geschah, so wie der Bau der auf denselben gebräuchlichen Wagen, wird durch die auf der VI. Tafel, Fig. 19, 20 u. 21 dargestellte Zeichnung, welche aus Cordier's Ponts et Chaussées, Tome I, entnommen ist, ganz deutlich. — Dieses Buch enthält zugleich eine Beschreibung der Palmer'schen Eisenbahnen von dem Erfinder selbst; man vergl. Seite 443, 470 u. f. —

Der Umstand, dass die gewöhnlichen, dem Boden ganz oder beinahe gleich liegenden Schienenwege vom Staube, Koth und Schnee sehr leicht bedeckt werden, und hiedurch der Vortheil, den die Eisenbahnen vor den gewöhnlichen Strassen haben, ganz verloren geht, veranlasste den englischen Ingenieur Palmer, ein System von Eisenbahnen zu erdenken, welches über dem Boden erhaben seyn, und wegen der grossen Kosten, die eine

[59]) Es blieb uns noch übrig, den Effekt der durch Pferde oder Dampfkraft gezogenen Wagen mit einander zu vergleichen, wobei sich Gelegenheit geben würde, manche interessante Bemerkung zu machen. Allein abgesehen davon, dass wir eine gewisse Grenze, die wir uns gesezt, bei Verfassung der eingeschalteten Kapitel nicht überschreiten dürfen, haben wir absichtlich manche Rechnungen, und besonders solche, die zur Vergleichung der im Texte enthaltenen und durch die Erfahrung gebotenen Resultate dienen würden, nicht angestellt: möchten die Eleven diese, wie manche andere blos angedeutete Aufgabe zur Übung selbst lösen. —

erhöhte Lage über dem Boden nothwendig veranlassen musste, statt aus zwei, blos aus einer Schienenlinie bestehen sollte.

Der eigentliche Schienenweg ruht auf hölzernen oder gusseisernen Säulen, welche in Entfernungen von ungefähr 10′, von Mitte zu Mitte, in die Erde fest eingerammt werden. Diese Säulen haben, je nach den Unebenheiten des Geländes verschiedene Höhen, und sind an ihrem oberen Ende mit gabelförmigen Ansäzen versehen. Auf diesen Gabeln ruhen 9″ hohe und 3″ starke Bohlen auf doppelten hölzernen Keilen, so dass sich die Schienen mit Leichtigkeit in die Ebene der Bahn bringen lassen. Die auf diese Bohlen aufgenagelten, etwas konvexen, stabeisernen Schienen sind 3½″ breit und ½″ in der Mitte stark. Die Räder haben zwei Spurkränze von 1¼″ Höhe.

Es erhellt, welchen Vortheil dieses System vor jedem andern in Bezug auf Ersparung in den Erdarbeiten, und bei einer neuen Anlage, wegen der geringeren Breite, auf Ersparung von Grund-Entschädigung hat. Die Schienen selbst, auf welchen sich der Wagen bewegt, können von Holz oder von Eisen seyn.

Der Wagen hat zwei, in derselben vertikalen Ebene hinter einander laufende Räder; die sie verbindende Stange trägt zwei Kästen, den einen zur Linken und den andere zur Rechten, in welche die Waaren gelegt werden. Eine ungleiche Belastung, obgleich man sie zu vermeiden sucht, hat doch keinen Nachtheil. Neben dem Schienenwege befindet sich auf der einen Seite ein Ziehweg für die Pferde, welche den Wagen an langen Seilen ziehen, um den Einfluss, welchen die schiefe Richtung des Seiles auf die Verminderung der Zugkraft hat, weniger fühlbar zu machen. Das Seil, an welchem das Pferd zieht, wird an einer der Achsen des Wagens befestigt.

Die Kästen lassen sich leicht losmachen und, wenn es nöthig ist, auf andere Wagen bringen. Staub und Koth, welche diese Bahnen, wie schon erwähnt, nicht so leicht bedecken, als die dem Boden zugleich liegenden Arten, können, sowie der Schnee, leicht mit einem Besen weggekehrt werden. Palmer giebt den Widerstand auf diesen Bahnen zu $\frac{1}{300}$ der Last an.

In England sind blos zwei Schienenwege dieser Art angelegt worden. Der erste in dem Proviantamte zu Deptford bei London dient zum Transport der Vorräthe aus den Waarenhäusern bis zur Themse; die Wagen auf dieser Eisenbahn haben drei hintereinander laufende Räder von 18″ Höhe. Der zweite

führt von den Kalköfen und der Ziegelei bei Cheshunt nach dem Lee-Kanale; seine Länge beträgt nur $^{3}/_{4}$ englische Meilen. Die Wagen haben zwei 26″ hohe Räder; jeder Kasten wird mit 20 Kubikfuss Kalk oder Ziegel beladen, die 20 Zentner wiegen. Ein Pferd zieht 2 solche Wagen, also ohne die Wagen 80 Zentner. [60])

[60]) Man hat auch in England angefangen, Steinbahnen anzulegen; so ist von den Werften zu London nach der City eine 3 Meilen lange Granit-Bahn hergestellt, worauf das schwerste Fuhrwerk geht. Die in das gewöhnliche Pflaster eingesezten Granitquader haben eine Länge von 2′, eine Breite von 18″ und eine Höhe von 15″; die Pferde ziehen 6 — 9mal soviel, als auf den gewöhnlichen Strassen; die Reibung auf diesen Steinbahnen beträgt $^{1}/_{180}$ der Last, also fast nicht mehr als auf den besten Eisenbahnen.

Hieraus geht hervor, welchen grossen Vortheil festes, geschlossenes und sorgfältig hergestelltes Pflaster, namentlich in grossen Städten, hat; wollte man denselben entziffern, was nicht unmöglich scheint, so würde man die Überzeugung erlangen, dass der Aufwand, welchen die sorgfältigere Herstellung eines Pflasters erheischt, mehr als hinlänglich durch die Kosten sich bezahlt macht, welche für Abnüzung und Unterhaltung von Wagen, Geschirr und Pferden erspart werden.

XVIII. Vorlesung.

(Eingeschaltet.)

Allgemeine Bestimmungen über die Anlage von Eisenbahnen. — Einfache und doppelte Bahnen; Richtung und Neigung derselben; schiefe Ebenen; Bremsberge; Ausweichepläze. — Kunstarbeiten und Kosten der Eisenbahnen. —

Nachdem im Vorhergehenden die verschiedenen Konstruktions-Arten und die Abmessungen der gebräuchlichsten Schienenwege angegeben und die Mittel, die Transporte entweder durch die Kraft der Pferde oder Dämpfe zu bewerkstelligen, beschrieben worden sind, bleibt uns nun noch übrig, die allgemeinen Grundsäze aufzustellen, nach welchen Eisenbahnen angelegt werden.

Eine Eisenbahn ist entweder einfach oder doppelt, je nachdem sie blos aus einer oder aus zwei neben- und parallel zu einander laufenden Bahnen besteht.

Auf einer doppelten Eisenbahn können die Wagen mit verschiedenen Geschwindigkeiten sich bewegen, was bei einer einfachen nicht möglich ist; gewöhnlich dient der eine Weg einer doppelten Bahn zum Hin- und der andere zum Herfahren.

Auf einer einfachen Bahn müssen, wenn anders der Transport nicht auf eine eigene Weise angeordnet und der Zweck nicht ein ganz besonderer ist, Ausweiche-Pläze und zwar in der Art angelegt werden, dass man von jedem Ausweiche-Plaze aus den nächsten folgenden direckt, oder von demselben wenigstens ein, durch eine Art von Telegraphen gegebenes Zeichen sehen könne. —

Die Länge dieser Ausweichepläze, bei welchen die Bahn nur an den Stellen, wo jene Statt finden, doppelt ist, richtet

sich nach der Anzahl der aneinander gehängten Wagen. Geschieht der Transport durch Pferde und zieht ein Pferd 4 gewöhnliche Chaldron-Wagen, wovon jeder 10′ — 12′ und die Verbindungsketten zwischen ihnen 1′ lang sind, so beträgt die Länge der Ausweichung 80′ — 100′; geschieht aber der Transport durch Dampfmaschienen, so dass 16 bis 20 Wagen hinter einander hängen, so müssen diese Ausweichungen eine Länge von 300′ bis 400′ haben. Auf dem Darlington-Schienenwege, auf welchem nun auch Dampfwagen gehen, kommen auf 2 englische Meilen 7 Ausweichungen.

Wir haben oben schon erwähnt, dass die Spurweite einer Eisenbahn, oder eines Schienenweges im Allgemeinen gewöhlich $4\frac{1}{2}$ Fuss betrage; werden also zu beiden Seiten dieser Bahn $3\frac{3}{4}'$ breite Fusswege angelegt, so beträgt die obere Breite eines einfachen Schienenweges 12 Fuss — manchmal jedoch auch nur 9 Fuss. —

Doppelte Bahnen sind durch ein Banket von 1,5′ — 4′ Fuss Breite getrennt; ihre obere Breite beträgt daher mit den Fussbänken zu beiden Seiten mindestens 18′ und höchstens 24′. Die untere Breite der Bahn, in so fern sie blos von der Anlage der Böschungen und Gräben abhängt, wird auf dieselbe Weise, wie bei gewöhnlichen Strasen, bestimmt.

Beispiele einer drei oder vierfachen Bahn sind uns keine bekannt, — wenn anders einzelne Strecken grösserer, entweder einfach oder doppelt angelegter Bahnen, nicht als solche angesehen werden wollen.

Als Beispiel von einfachen Bahnen können die Darlington- und Hatton-Bahn und die meisten in England angelegten Bahnen angesehen werden; eine doppelte Bahn ist die Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester; wegen des ausserordentlichen Verkehrs auf dieser Bahn spricht man davon, sie vierfach anzulegen.

Auf dieser Eisenbahn werden gegenwärtig mindestens 2000 Tonnen Waaren verführt, und ausserdem reisen täglich 400 Personen in 40 Kutschen hin und her, ohne die Hunderte von Personen, welche mit den Dampfwagen fahren. Der Weg von $31\frac{1}{4}$ englischen Meilen wird von einer Dampfkutsche gewöhnlich in 2 Stunden, manchmal selbst in $1\frac{1}{2}$ Stunden zurücklegt. Ein Dampfwagen führt 110 Personen und eine Person zahlt für

die Fahrt von Liverpool nach Manchester 2 Schilling und 7 Penny oder 1 fl. 33 kr.

Die Eisenbahn von St. Etienne nach Lyon, sowie jene zwischen der Donau und Moldau sind einfache Bahnen.[61]

Das erste, was bei der Anlage einer Eisenbahn vorzunehmen ist, ist die Bestimmung und Wahl des Strassenzuges. In Bezug auf Richtung wird eine Eisenbahn nach denselben Principien, wie eine Stasse angelegt: der geradeste und kürzeste Weg ist auch hier der beste, wenn die Eisenbahn in einer Ebene erbaut wird, und wenn in einer gebirgigen Gegend die Ersteigung oder Umgehung von Höhen nicht zu einer langen Entwickelung des Zuges oder zu besonderen Modificirungen desselben nöthigen. —

[61]) Das Längen- und Querprofil und der Situations-Plan der von Herrn Ritter von Gerstner angelegten Eisenbahn zur Verbindung der Donau und Moldau zwischen Budweis und Mauthhausen, befindet sich in dessen *Handbuch der Mechanik*, Prag 1831.

Die Bahn ist in langen Entwickelungen angelegt und die Neigung ist nirgends stärker als $\frac{1}{120}$ oder 7,2 Linien auf die Klafter, so dass allenthalben durch Pferde gefördert werden kann. Die eigentliche Bahn besteht aus schmiedeeisernen Schienen von $1\frac{3}{4}''$ — $2''$ Breite und $\frac{1}{3}''$ Dicke, die auf Holz befestigt sind. Nur der Ökonomie wegen wurde diese Art Schienen bei den äusserst niedrigen Preisen des Holzes in jener Gegend, statt der gewalzten Schienen angewendet. Die Hölzer unter den Schienen bestehen in Längen-Schwellen die auf Querschwellen ruhen und diese liegen allenthalben auf masivem Mauerwerke auf.

Die Wagen haben gusseiserne Räder, welche auf schmiedeeisernen Achsen fest gekeilt sind, so dass sich also die Achsen mit den Rädern umdrehen. Die Räder wurden im Schalenguss gegossen und die Achsen zweimal gehärtet. Die Entfernung der Radachsen beträgt $3'$ — $3''$, der Durchmesser der Räder $2'$ — $6''$ und die Dicke der Achsen $2\frac{1}{4}''$. Die Ladung eines Wagens beträgt, ohne das zu $\frac{1}{17}$ betragende Gewicht dieses von jener, 40 Zentner; ein Pferd zieht auf horizontaler Bahn 3 Wagen, also 120 Zentner Ladung und legt in $1\frac{1}{2}$ Stunden eine Meile zurück.

Zur Verminderung der Reibung in den Krümmungen der Bahn hatten die Wagen die weiter unten erwähnte Einrichtung.

Noch verdient bemérkt zu werden, dass längs der ganzen Bahn in Entfernungen von 1500 Klaftern kleine Aufseher-Wohnungen und in Entfernungen von $2\frac{1}{2}$ Meilen Stationspläze, um Pferde zu wechseln, angelegt sind.

Die Vollendung dieser Bahn, resp. ihre Fortsezung bis Linz, sollte im Jahr 1832 Statt haben.

Die mit der angeführten auf ganz ähnliche Art konstruirte Eisenbahn zwischen Prag und Pilsen ist ebenfalls ihrer Vollendung ganz nahe. —

Die Bestimmung des Zuges in einer Ebene hat keine Schwierigkeit; ist die Neigung nach der einen Richtung stärker, als nach der andern, so muss hier nach denselben Rücksichten verfahren werden, wie bei dem entsprechenden und weiter unten näher beleuchteten Falle in Gebirgsgenden.

Der Zweck der Eisenbahn und das System des Transportes, in so fern dieses nicht auch durch jenen schon bedingt wird, sind es vor allem, welche bei der Bestimmung und Wahl des Zuges einer Eisenbahn ins Auge gefasst werden sollen.

Es muss hier gleich bemerkt werden, dass wir die Regeln, die wir nach den besten Mustern und Autoren aufstellen, nicht als fest und unveränderlich betrachtet wissen wollen, da die Verbesserungen, welche namentlich durch die Anwendung des Dampfes, als einzigen Prinzipes der Bewegung, in England bewirkt wurden, so wichtig waren und die Eisenbahnen in der Art modifizirt haben, dass die vor kaum mehr als 10 Jahren aufgestellten Regeln heute als solche nicht mehr gelten können.

Der Ingenieur muss immer nach dem Zwecke die Mittel wählen, um diesen auf die beste und wohlfeilste Weise zu erreichen; hier gilt als oberster Grundsaz: der Zweck heiligt die Mittel; baut der Ingenieur zweckgemäss, so baut er gut, kein Tadel kann ihn treffen! —

Der Zweck ist es also, welcher vor der Anlage einer Eisenbahn vor allem bekannt seyn muss; dieser ist aber hier nicht ein allgemeiner, wie dis bei gewöhnlichen Strassen der Fall ist, sondern gewöhnlich ein besonderer, da die Eisenbahnen nicht zu so allgemeinem Gebrauche, wenigstens bis jezt nicht, bestimmt sind, als die Strassen, auf denen jede Art von Landtransport beliebig, ja selbst willkührlich, Statt finden kann. Auf denjenigen neuern Eisenbahnen, welche als zu so allgemeinem Gebrauche bestimmt angesehen werden könnten, findet dis doch unter so eigenthümlichen Verhältnissen Statt, dass es uns Deutschen wenigstens schwer fallen möchte, die Eisenbahnen, wie z. B. die zwischen Liverpool und Manchester, blos als eine Art unserer gewöhnlichen Strassen anzusehen. —

Die meisten in England ausgeführten Eisenbahnen sind bestimmt, rohe oder auch verarbeitete Stoffe als: Kohlen, Steine, Eisen, Waaren beliebiger Art u. s. w. von einem bestimmten Ursprungsorte nach einem gleichfalls bestimmten Verbrauchsorte zu verführen. Je nach der Lage dieser beiden Orte ist auch die

zweckmässige Wahl des Strassenzuges mit mehr oder minder grossen Schwierigkeiten verknüpft.

Gewöhnlich liegt der Ursprungsort höher, als der Verbrauchsort; man hat aber diesen Umstand, der selbst bei der Anlage gewöhnlicher Strassen und vorzüglich bei Kanälen, wie später in einer Note beim Kanalbau bemerkt wird, seither nicht so beachtet, als er es, gemäss seiner Wichtigkeit, wohl verdienen dürfte. Dass der Ursprungsort gewöhnlich höher liegt, als der Verbrauchsort, und demnach der Haupt-Transport fast immer von den Höhen gegen die Niederungen zu Statt findet, hat seinen Grund in der natürlichen Lage der Orte, welche zur Niederlassung von Menschen am geeignetsten waren und an denen sich also die Bevölkerung am ehesten und schnellsten mehret. Solche Orte waren aber vorzugsweise die Ufer des Meeres, die grosser Seen und Flüsse; an ihnen liegen die grösten und blühendsten Städte; mit der Vermehrung der Bevölkerung nahmen auch die Bedürfnisse zu, und es waren die Niederungen bald nicht mehr im Stande, jene ganz zu befriedigen.

Was zum Leben vor allem nöthig: Getraide, Brenn- und Bau-Materialien u. s. w., die grossentheils häufiger und reichlicher in den höher liegenden Gegenden sich vorfinden als in den Niederungen, mussten daher jezt von jenen in diese herab geschafft werden; während dem aufwärts nur leichte Produkte der Industrie gehen, welche man gegen die schweren eintauscht.

Der Haupttransport der meisten Eisenbahnen findet daher, wie dis auch durch viele Beispiele gezeigt werden könnte, nach einer Richtung, nach einem Sinne Statt; — nach dieser Richtung muss man also — dem Zwecke gemäss — den grössten Vortheil durch die Anlage zu erreichen, also die Neigung, wo möglich gleichförmig vertheilt, nach dieser Richtung fallend anzulegen und alle Gegenneigungen, soviel als thunlich zu vermeiden suchen. —

Werden blos Pferde zum Transporte verwendet — und dis möchte wohl, wenn anders die Eisenbahnen in Deutschland auch bald einheimischer werden, wegen der Einfachheit und selbst Sicherheit dieses Transport-Systemes, noch lange bei uns der Fall seyn, so ist es am vortheilhaftesten, die Neigung einer Bahn so anzulegen, dass die Wagen durch ihr eigenes Gewicht herabrollen, was, wie schon oben bemerkt, bei einer Neigung der Bahn von 1′ auf 160 Fuss Statt findet. Die Anzahl der

leeren oder nur zum Theil beladenen Wagen, welche ein Pferd aufwärts zieht, wird durch diese Neigung und den Widerstand bestimmt, welcher für die verschiedenen Bahnen mit flachen oder Kantenschienen nach den Umständen verschieden und zu $^1/_{120}$ — $^1/_{220}$ angenommen werden kann. Auf einer Kantenbahn deren Neigung $^1/_{160}$ beträgt, zieht ein Pferd aufwärts sechs lange Chaldron-Wagen, und eine grössere Anzahl beladener Wagen lässt man es auch nicht abwärts auf weniger oder gar nicht geneigten Strecken ziehen. —

Werfen wir, ehe wir weiter gehen, und die Eigenthümlichkeiten der neuern englischen Eisenbahnen, ihre schiefen Ebenen, Bremsberge, und ihre übrigen künstlichen Mittel, Lasten horizontal und vertikal fortzuschaffen, anführen, noch einen Blick, wenn auch nur einen flüchtigen, auf die Fälle, welche die Verschiedenheit der Terrain-Verhältnisse bieten und wobei besonders die relative Lage der Ursprungs- und Verbrauchs-Orte von Wichtigkeit ist. — Beide können in einem und demselben Thale oder in verschiedenen Thälern liegen, und durch mehr oder minder hochliegende Wasserscheiden und selbst durch eigentliche Bergrücken getrennt sey: der eine dieser Orte kann auch im Thale und der andere auf der Höhe liegen.

Es ist hier nicht der Ort, die mannichfaltigen Fälle, welche vorkommen können durchzugehen, wir beziehen uns in dieser Hinsicht auf die vortreffliche Schrift über Strassenbau von Herrn Umpfenbach, und führen aus derselben blos an, dass Thalstrassen, nemlich solche, welche ganz in einem Thale liegen, und zur Unterscheidung von Hochstrassen, die auf oder über Berge hinziehen, so genannt werden — gewöhnlich die Neigung der Thäler in welchen sie liegen, haben, und also parallel mit den, in diesen Thälern fliessenden, Gewässern angelegt werden können. —

Je breiter nun diese Gewässer sind, desto kleiner ist gewöhnlich ihr Gefälle: kleine Bäche haben in ihrem mittlerem Stande eine Breite von 1′ — 50′, ein Gefälle von $^1/_{20}$ — $^1/_{200}$ und einen $^1/_4$ — 8 Meilen langen Lauf; grössere Bäche oder kleine Flüsse, haben eine mittlere Breite von 50′ — 300′, ein Gefälle von $^1/_{100}$ bis $^1/_{500}$, und im aufgeschwemmten Lande selbst ein Gefälle von $^1/_{3000}$ und einen 2 bis 20 Meilen langen Lauf; grössere Flüsse und Ströme haben eine mittlere Breite von 300′ — 1800′, ein Gefälle von $^1/_{3000}$ — $^1/_{12000}$ und einen

10 bis 60 Meilen langen Lauf. — Die grössten Ströme, wie der Oronoko und Ganges, haben manchmal nur ein Gefälle von $\frac{1}{2000}$ bis $\frac{1}{24000}$.

Eine kurze, schnelle Übersicht des Thales, in welchem eine Strasse oder eine Eisenbahn angelegt werden soll, ist daher schon hinreichend, nicht nur die Möglichkeit der Ausführung einer Strasse, sondern auch die Richtung und vorzüglich die Grösse der Neigung einigermaassen kennen zu lernen, welche zu wissen bei einer Eisenbahn von so hoher Wichtigkeit ist, — da von ihr, wie oben angeführt würde, der Effekt und Nuzen der Bahn und also auch ihre Ausführbarkeit nicht nur in technischer, sondern auch in ökonomischer Beziehung, abhängt.

Überhaupt soll sich der Ingenieur in der schnellen, allgemeinen Beurtheilung eines Terrains üben; eine solche Übung wird ihm in vielen Fällen von dem grössten Nuzen seyn; vorzüglich wenn er, wie dis ja so oft von ihm verlangt wird, durch eine blose Besichtigung des Terrains nicht nur über die Möglichkeit der Ausführung, sondern auch über den zu erreichenden Vortheil einer Strasse oder Eisenbahn ein Gutachten abgeben soll. — Die natürlichen Neigungen des Geländes und die Wasserscheiden sind es hauptsächlich die er schnell aufzufinden wissen soll. —

In Bezug auf Ökonomie in den Erd-Arbeiten wird bei Eisenbahnen auch nach denselben Principien verfahren, wie bei Strassen: — Ausgleichung im Auf- und Abtrag ist auch hier Hauptsache; man legt den Querschnitt der Eisenbahn wo möglich so, dass derselbe halb in Auftrag und halb in Abtrag zu liegen kommt.

Wäre der Transport nach beiden Richtungen der Eisenbahn gleich gross, so hätte man natürlich keinen Grund, die Steigungen nach der einen Seite grösser als nach der andern herzustellen; diese würden, wie bei den Strassen, ganz allein nach ökonomischen Rücksichten in den Erdarbeiten und zur Erleichterung des Zuges nach beiden Richtungen so bestimmt, dass sie sich der horizontalen Lage möglichst näherten.

Sollen die Pferde, ohne Vorspann und sonstige Hülfe, auf kurzen geneigten Strecken einer Bahn dieselben Lasten ziehen, wie auf horizontalen Schienenwegen, so darf das Minimum der Neigung 1 p% nicht übersteigen, wobei sie sich jedoch besonders anstrengen müssen. Selbst auf so sehr geneigten Eisen-

bahnen, auf welchen die Wagen durch ihre eigene Schwere von selbst herabrollen, darf die Neigung, wenn die Wagenräder gehemmt, oder wie man zu sagen pflegt, gebremst werden, und die Wagen keine gefährliche Geschwindigkeit annehmen sollen, $16\frac{2}{3}'$ auf 100′ nicht übersteigen. Durch eine einfache Berechnung lässt sich aus dem Reibungs-Koeffizienten für gleitende Reibung, welcher nach Rennie bei Gusseisen auf Gusseisen zu ungefähr $\frac{1}{6}$ angenommen werden kann, dieses Resultat leicht ableiten. [62])

Auf Eisenbahnen, auf denen die Wagen nicht gebremst werden, nehmen dieselben schon eine gefährliche Geschwindigkeit an, wenn diese Neigung 1′ auf 100′ beträgt.

Übersteigt die Neigung der geneigten Bahn das eben angegebene Maximum, so ist man gezwungen, zu künstlichen mechanischen Vorrichtungen seine Zuflucht zu nehmen, um die Wagen zu verhindern, dass sie nicht eine für sie gefährliche Schnelligkeit annehmen.

Navier und nach ihm Gerstner schlagen vor, — zur Vermeidung langer Strecken mit starken, dem Maximum sich nähernden Neigungen, auf denen die Pferde aufwärts nur wenig leisten — die Bahn möglichst zu entwickeln, dieselbe auf längeren Strecken horizontel oder mit geringen Neigungen anzulegen, und dann die Hauptneigungen auf kurze Strecken gleichsam zu konzentriren, auf welchen dann Vorspann-Pferde genommen würden. Die Vortheile oder Nachtheile eines solchen Systems lassen sich nur in besonderen Fällen beurtheilen; die vorstehenden Angaben enthalten, mit Zuziehung der Noten Nro. 25 und 58, alle Daten, um vergleichende Berechnungen in vorkommenden Fällen anstellen zu können. [63])

[62]) Sezt man nemlich das Gefälle der Ebene $= \frac{1}{x}$ und den Winkel, welchen sie mit dem Horizont macht, $= \alpha$, so ist

$$\text{tang } \alpha = \frac{1}{x} = \frac{1}{6} \text{ also}$$

$x = 6$. Die Steigung der schiefen Ebene beträgt also auf 6′ einen Fuss, — oder auf 100 Fuss $16\frac{2}{3}$ Fuss. —

[63]) Betrachtungen über die Vortheile, welche die verschiedenen Systeme, nach welchen eine Eisenbahn angelegt werden kann, bieten, findet man in Navier's kleiner Brochure: *De l'établissement du Chemin de fer entre Paris et le Havre*, und in Gerstners Schrift: *Über die Vortheile der Anlage einer*

Der Transport mit Pferden ist immer am einfachsten und sichersten; beträgt die Neigung $^1/_{50}$, so ist, nach Navier, die doppelte Anzahl von Pferden zur Fortbringung der Last erforderlich, welche sie auf einer horizontalen Bahn zu ziehen im Stande waren.

Ist man genöthigt, die Eisenbahn in einer Krümmung anzulegen, was häufig, besonders bei Thalstrassen, vorkömmt, so muss man die Radien, womit diese Krümmungen beschrieben werden, so gross als möglich annehmen: da begreiflich durch den vorstehenden Rand, welcher sich entweder am Rade oder an der Schiene befindet, der Widerstand bedeutend vermehrt wird. Dieser Widerstand ist desto grösser, je kleiner die Krümmungs-Halbmesser oder je gekrümmter die Kurven sind.

Auf der neuen Eisenbahn zwischen Andrezieux und Roanne, südlich der Loire, haben die kleinsten Radien, mit welchen die Krümmungen beschrieben sind, eine Länge von 200 Meter (685′) und dis zwar an zwei Orten, wo man gezwungen war die Kurven so gekrümmt anzulegen. In allen übrigen Wendungen haben die Kurven wenigstens 500 Meter (1713′) lange, und an einigen Stellen sogar 2500 Meter (8565′) lange Krümmungs-Halbmesser. [64])

Eisenbahn zwischen der Moldau und Donau. Beide, im Fache der Mechanik sehr geachtete Schriftsteller, sprechen sich für ein System aus, bei welchem eine Eisenbahn in langen Entwickelungen mit gleichförmigen und nicht zu starken Neigungen, so dass auf allen Strecken noch Pferde ziehen können, angelegt würde; jedoch ohne die übrigen Systeme, bei denen horizontale Strecken mit schiefen Ebenen abwechseln, geradezu zu verwerfen. Dagegen sind die berühmten englischen Ingenieure: Jessop, Stephenson, Strickland etc. mehr für das leztere System, insbesondere wenn Dampf als bewegende Kraft angewendet wird.

[64]) Um die Grösse des Krümmungs-Halbmessers auf Eisenbahnen nach den in Note 26, S. 243 zum Strassenbau aufgestellten Grundsäze zu berechnen, sey die Spurbreite einer Eisenbahn = 4,5′ also b = 2,25′ und die Länge des Gespannes von 4 durch ein Pferd gezogenen Kohlenwägen = 60′, so findet man

$$r = \frac{l^2 - b^2}{2\,b} = 798{,}8 \text{ Fuss.}$$

und wenn ein Dampfwagen, der mit seinem Munitions-Karren eine Länge von ungefähr 20′ hat, 20 Kohlenwagen zu 12′ Länge zieht, so ist l — 260′, also $r = 15021$ Fuss.

In England, wo die Dampfmaschinen gleichsam das Bürgerrecht erhalten haben, und wo dieselben, schon weil sie so häufig vorkommen, mit einer Vollkommenheit und Wohlfeilheit erbaut werden, wie im keinen anderen Lande; wo das Eisen, welches vorzugsweise zu ihrer Konstruktion verwendet wird, und die Steinkohle, welche als Brennmaterial zur Hervorbringung und Unterhaltung ihrer Bewegung erforderlich ist, auf einem so niedrigen Preise stehen — in England, sagen wir, hat man in neuester Zeit versucht, die Dampfmaschinen auch auf den Eisenbahnen ausschliesslich als bewegende Kraft anzuwenden. — In diesem Falle werden die Eisenbahnen nach einem Systeme angelegt, bei welchem horizontale Strecken mit schiefen Ebenen abwechseln; auf den horizontalen Strecken gehen dann Dampfwagen, und auf den schiefen Ebenen ziehen fest stehende Dampfmaschinen die beladenen Wagen mittels Ketten oder Seilen, die sich auf grossen Trommeln aufwickeln, hinauf.

Da die 20 aneinander hängenden Wagen nicht eine unbiegsame gerade Linie bilden, so erhellt, dass man auf Eisenbahnen die Krümmungs-Halbmesser nicht so gross machen darf, als es vorstehende Rechnung verlangt.

Werden die Wagen noch so eingerichtet, dass die beiden vorderen Räder sich früher als die hinteren drehen können — wie dis auf der Moldau-Donau-Eisenbahn der Fall ist, — (man vergl. v. Gerstner's *Mechanik*, S. 650) — so kann man die Krümmungs-Halbmesser noch kleiner als 800′ machen. Auf der, unter der Leitung des Hrn. v. Gerstner angelegten Bahn betrugen die kleinsten Krümmungs-Halbmesser 100 Klafter oder 600′; auf den neuesten Strecken dieser Bahn jedoch nur 40 Klafter.

Auf der Darlington-Bahn ist der kleinste Krümmungs-Halbmesser 402′ und auf der Eisenbahn von Andrezieux nach Roanne 200 Meter (685′); auf beiden Bahnen gehen Dampfwägen. —

Der Widerstand, welcher durch Reibung der Spurrippe oder des Radkranzes entsteht, ist sehr bedeutend; um ihn möglichst zu vermindern, stellen die Engländer ihre Wagen sehr kurz, d. h. sie entfernen die Achsen nicht mehr als 3′ von einander. — Ausführliche Berechnungen hierüber findet man in v. Gerstner's *Mechanik*, Prag 1831, S. 560 u. 586. — Auch legt man in England, um diesen bedeutenden Widerstand, — welcher nach v. Gerstner den auf gerader Bahn statt findenden um $^{5}/_{11}$ vermehrt, — möglichst zu vermindern, in starken Wendungen, Drehscheiben an. —

Diese Drehscheiben sind in der Ebene der Bahn liegende, horizontale Scheiben, welche sich um einen vertikalen Zapfen in ihrer Mitte drehen und so gross sind, dass gerade ein Wagen darauf Plaz hat. Auf Eisenbahnen, welche von Dampfwagen befahren werden, können solche Drehscheiben wohl nicht vorkommen. Im Allgemeinen scheinen sie sich mehr für Seitenbahnen

Es können die Wagen auf den horizontalen Strecken einer, nach diesem Systeme angelegten Eisenbahn, zwar auch durch Pferde gezogen, und die auf den schiefen Ebenen aufgestellten Trommeln können auch durch andere Maschinen, z. B. durch Wasserräder oder durch Pferdegöpel, in Bewegung gesezt werden, wie dis auch manchmal in England geschieht, allein in neuester Zeit scheint in diesem Lande die Dampfmaschine alle übrigen verdrängen zu wollen, und ziemlich allgemein scheinen die Engländer dasjenige System einer Bau - Anlage für das vorzüglichste zu halten, auf welchem Dampfmaschienen wirksam seyn können.

Auf geneigten Eisenbahnen hat ein Pferd nicht nur die Reibung der Wagen, sondern auch noch den Widerstand zu überwältigen, welcher von der Neigung der Bahn herrührt und der dem Bestreben der Last gleich ist, mit welchem diese auf der geneigten Strasse abwärts zu gleiten strebt. Bei einem solchen

zu eignen, welche die Hauptbahnen öfters unter einem rechten Winkel schneiden, und auf denen der Transport nur mittels Pferden geschieht. — Solche Drehscheiben sind auch auf der von Herrn v. Baader in Nympfenburg erbauten Probebahn angelegt; zur Vergleichung ist nicht undienlich, die Abmessungen dieser Bahn kennen zu lernen.

Die in dem Nympfenburger Schloss-Garten bei München zu Probe-Versuchen von Herrn v. Baader angelegten Eisenbahnen sind dreierlei Art; die erste ist eine Bahn mit flachen und die zweite mit Kanten-Schienen: die dritte ist eine neue Art schwebender Bahnen. Die flachen Schienen sind nicht ganz drei bayer. Fuss lang, 0,36′ breit, 0,05′ dick und die Spurrippe hat in der Mitte eine Höhe von 0,25′ bis 0,29′ und am Ende von 0,18′ bis 0,2′ und ihre mittlere Stärke ist 0,05′. Die Schienen sind mit viereckigen Nägeln auf eingerammten Pfählen befestigt. — Die Spurbreite beträgt 4′ bayerisch.

Ein Göpel zum Aufziehen der Wagen auf der künstlich angelegten schiefen Ebene; Drehscheiben; Ausweichungen und Fallthüren sind auf dieser Probe-Bahn angebracht.

Die Schienen der Kantenbahn sind oben eben und 0,15 breit, und mit einem nach unten zu bis zur Breite von 0,18′ zulaufenden Rande von 0,06′ Höhe versehen; — im Ganzen sind sie 0,3′ hoch und die Stühle, in denen sie mittels zweier Nägel befestigt sind, haben eine Länge von 0,5′.

Die 3te Art Bahnen, welche über dem Boden fast $^3/_4$ Fuss erhaben ist, und auf welcher Wagen mit doppelten Rädern und Friktionsrollen gehen, findet man in Herrn v. Baaders: *Neues System der fortschaffenden Mechanik*, Seite 119, beschrieben und auf der XII. Taf. in Fig. 56 abgebildet.

Diese Art Schienen wurden, soviel uns bekannt ist, im Grossen noch nicht ausgeführt, wesshalb wir sie, sowie einige andere sehr angepriesene Verbesserungen des Herrn von Baader übergehen zu dürfen glauben.

Systeme wird die Reibung vom mechanischen Widerstande gleichsam getrennt, indem man die zur Überwältigung des leztern erforderliche Kraft an bestimmten Punkten concentrirt und die Anhöhen mittelst schiefer Ebenen und stehender Dampfmaschinen, wie erwähnt, auf einmal ersteigt. Nur auf den horizontalen, zwischen 2 schiefen Ebenen liegenden Strecken ist alsdann die Reibung allein zu überwinden, was entweder durch Pferde oder durch Dampfwagen, oder endlich auch durch stehende Dampfmaschinen, wie bereits oben erwähnt wurde, geschieht. [65])

[65]) Um den gesammten Widerstand, welcher durch die Reibung und Steifigkeit der Seile, die Reibung an den Zapfen der Räder und Rollen u. s. w., mit einem Worte, die ganze Nebenlast, wie man diesen Widerstand bei Maschinen bekanntlich zu nennen pflegt, auch für Bremsberge kennen zu lernen, — was bei Bestimmung des zum Aufziehen der Wagen nöthigen Kraftaufwandes unentbehrlich ist — hat Wood mehrere Versuche angestellt, welche in der Abhandlung von Oeinhausen und Dechen (man vergleiche *Karsten's Archiv*, 19ter Bd. S. 205 u. f.) ausführlich beschrieben sind. —

Das Resultat aus diesen Versuchen ist: dass im Mittel die Seil- und übrige Reibung zu $^1/_{317}$ oder 0,311 des Gewichtes bei Bremsbergen angenommen werden kann, wo das Seil um ein horizontales Bremsrad geschlagen ist; und zu $^1/_{348}$ = 0,2902 bei fest stehenden Dampfmaschinen, wo die leeren Wagen das Seil von dem Seilkorbe abwickeln.

Zur bessern Beurtheilung wollen wir noch 2 Versuche aus obiger Schrift hier aufnehmen.

1) Der Bremsberg des Killingworth-Schienenweges hat am obern Ende ein horizontal liegendes Rad, eine Länge von 715 Yards, und einen Fall von 57½ Fuss, also $\frac{1}{37,3}$ oder 1° 32′ 10″.

Fünf beladene Wagen, von denen jeder 8764 Pfund wog, zogen 6 leere Wagen, von denen jeder 2800 wog, im Mittel mehrerer Versuche, in 200 Sekunden herauf. Die Wagenräder sind 34″ hoch; die Achsen 2¾″ stark; das Seil hat 5″ Umfang (beinahe 1,6″ Durchmesser) und wiegt 3884 Pfund. Die Seilscheiben (Leitungsrollen) auf dem Wege haben 11″ Durchmesser; die Achsen ¾″ (Verhältniss 14,65: 1); es sind 73 derselben gleichzeitig in Bewegung, die zusammen 3297 Pfund wiegen. Das Fallen des Bremsberges ist nicht regelmässig, sondern am obern Ende stärker als am untern. Das Bremsrad wiegt 4636 Pfund, hat 10 Fuss Durchmesser und eine Achse von 6″ Durchmesser (daher Verhältniss 20: 1).

Hiernach ist der Widerstand des Seiles = 239 ℔.

2) Geneigte Ebene mit feststehender Dampfmaschine; der vorigen ähnlich. Länge 2325 Fuss; Fall 115 Fuss; $^1/_{20}$ = 2° 50′ 10″, beinahe regelmässig; die Richtung des Weges ohne Krümmungen. Gewicht des Seilkorbes 8960 ℔. Verhältniss seines eigenen und des Achsendurchmessers 10: 1. Anzahl von Leitungsrollen 134; Gewicht derselben 4524 ℔. Verhältniss der Durchmesser 14 : 1. Länge des Seiles 875 Yards; Umfang 7¼ Zoll; Gewicht 6157 ℔.

Die erste und einfachste Art von geneigten Ebenen ist diejenige, auf welcher die vollen, abwärts gehenden Wagen die leeren aufwärts ziehen.

Die vortheilhafteste Neigung dieser Ebenen wird durch das Verhältniss der Gewichte von den vollen zu den leeren Wagen, ihrer Anzahl, dem Widerstande der durch die Reibung entsteht und durch das Gewicht des Seiles bestimmt. Auf den schiefen Flächen des Killingworth Schienenweges, welche eine Neigung von $1/_{37,5}$ haben, werden gewöhnlich durch 6 volle abwärts gehende Chaldron-Wagen, die zusammen, mit ihrer Ladung, 469 Zentner wiegen, eben so viele leere Wagen zu 150 Zentner mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 10 engl. Meilen in der Stunde hinaufgezogen.

Das Seil oder die Kette bewegt sich über ein, oben auf der schiefen Ebene stehendes horizontales Rad von ungefähr 10′ im Durchmesser; die Friktionsrollen, über welche das Seil auf der schiefen Ebene lauft, sind ungefähr 24′ von einander entfernt, von Gusseisen, sie haben $12\frac{1}{2}''$ im Durchmesser, $4\frac{3}{4}''$ Breite und ihre Rinne ist $2\frac{1}{2}''$ tief. Gewöhnlich sind diese geneigten

Vier leere Wägen, jeder 3472 ℔ schwer, wickelten in ihrem Niedergange das Seil von dem Korbe in 115 Sekunden ab.

Hiernach Reibung des Seiles = 470 ℔.

Die zum Aufziehen der leeren Wagen durch die vollen auf Bremsbergen erforderliche Zeit richtet sich lediglich nach der Überwucht. Bei Ermittelung derselben muss auch auf den Zustand der Schienen, ob sie trocken oder nass sind, was den Widerstand im Verhältniss von 3: 4 vermehrt, Rücksicht genommen werden. Gerade Bremsberge, mit gleichförmigem Gefälle auf ihrer ganzen Länge, gestatten keine gleichförmige Bewegung; diese ist auf denselben ungleichförmig und zwar beschleunigt. Durch Krümmung der Bahn lässt sich die Bewegung gleichförmig herstellen; aber nach welchem Geseze dieselbe zu diesem Zwecke gekrümmt werden muss, ist eine Aufgabe, die sich nicht ohne Schwierigkeit, wegen der mancherlei dabei influirenden Umstände, wird lösen lassen.

Die vorstehende Note enthält auch alle Daten, um die Neigung oder den Winkel zu bestimmen, bei dem sich Bremsberge noch anwenden lassen.

Nach Walker beträgt die Reibung des Seiles und der Rollen allein $1/_{22}$ vom Gewichte des Seiles: denn auf dem Killingworth-Wege steigen 16 leere Wagen eine schiefe Ebene in 4 Minuten hinab, indem sie nach sich ein Seil von $4\frac{1}{4}$ im Umfang schleppen, dessen Gewicht 3096 ℔ beträgt; die Neigung dieser Ebene ist $1/_{62,5}$; es bleibt also für die Reibung des Seiles u. s. w. $143\frac{1}{2}$ ℔, oder ungefähr $1/_{22}$ vom Grwichte des Seiles.

Man vergleiche: *Journal du Génie civil*, Band VI, Seite 276, Paris 1830.

Ebenen mit gleichförmigem Gefälle angelegt, doch es ist besser die Neigung an dem unteren Ende allmählig zu vermindern und sanft in die horizontale Linie übergehen zu lassen. Warum diese Ebene nicht nach demselben Prinzipe, wie die Steigungen bei gewöhnlichen Strassen angelegt werden, leuchtet ohne weitere Erklärung von selbst ein. —

Die oben angegebene Neigung von $\frac{1}{37,5}$ kann als ein Beispiel der geringsten Steigung für schiefe Ebenen dienen, auf welchen die vollen Wagen bei trocknem Wetter, ohne gebremst zu werden, die leeren hinaufziehen. Sind die Schienen zum Theil nass, so hat es einige Schwierigkeit, dass die vollen 6 Wagen ebenso viele leere hinaufziehen.

Ist die Neigung einer schiefen Ebene grösser als $\frac{1}{37,5}$, so müssen die Wagen oder das Rad um welches sich das Seil aufwickelt, gehemmt oder gebremst werden. Eine, mit einem Bremsrad versehene schiefe Ebene heisst alsdann ein Bremsberg. Das Bremsen geschieht gewöhnlich mittelst eines eisernen Bandes oder Ringes, welcher gegen die halbe Peripherie des Bremsrades gedrückt wird. Diese Bremsräder, welche über, in, und manchmal selbst unter der Ebene des Schienenweges liegen, haben 6′ — 10′ im Durchmesser, sind gewöhnlich von Gusseisen und horizontal, und vor demselben befinden sich zwei gleichfalls horizontale Scheiben oder Rollen von 1 ½′ — 2′ im Durchmesser, über welche das Seil in die Richtung der Bahn geleitet wird.

Die am Ende der schiefen Ebenen aufgestellten feststehenden Dampfmaschienen sind gewöhnlich Hochdrucks-Maschienen von 30 — 60 Pferdekräften. —

Auf dem Hatton-Schienenwege zieht eine solche von 60 Pferdekräften, auf einer 832 Yards langen schiefen Ebene von $\frac{1}{16}$ Fall, 8 volle Chaldron-Wagen mit einer Geschwindigkeit von 3 englischen Meilen in der Stunde hinauf. Das Seil, an dem die Wagen befestigt sind, hat 7 ¼″ im Durchmesser. [66])

[66]) Berechnung der Kraft eines Dampfwagens.

Eine Pferdekraft bei Dampfmaschinen wird gewöhnlich nach Bulton und Watt zu 3300 ℔ in der Minute einen Fuss hoch gehoben, gerechnet; sie ist also gleich 150 ℔, in der Minute 220′ hoch gehoben; oder 150 ℔ in der Stunde, 2½ Meile weit transportirt, oder endlich 37,5 ℔, 10 Meilen weit verführt.

Zwei nahe bei einander liegende geneigte Ebenen, auf denen die Bahn, wenn das Aufziehen der Wagen durch Maschinen geschieht, nur einfach ist, werden durch eine kurze horizontale Strecke von einander getrennt; auf derselben weichen die Wagen sich aus und sie werden daher doppelt angelegt.

Wir halten es nicht für nöthig, über den ökonomischen Vortheil, welchen die Anlage der schiefen Ebene, wozu Smeathon die erste Idee gegeben hat, bei Eisenbahnen im Allgemeinen, sowie über die, welche ihre Anwendung in hochliegenden Steinbrüchen zum Herablassen grosser Werkstücke habt, mehr anzuführen, da er für beide — an und für sich — einleuchtend ist. Dagegen wollen wir noch über die bei Eisenbahnen vorkommenden Kunst-Arbeiten und über die Kosten von jenen in England auch einiges beifügen.

Die Kraft einer Maschine von zehn Pferden wird daher durch 375 ℔, 10 Meilen weit transportirt, dargestellt, was, wenn man die Reibung zu $\frac{1}{180}$ des Gewichtes rechnet, einer Gesammtlast von 30 Tonnen entspricht. Zieht man hievon für das Gewicht der Maschine und der Munition $10\frac{1}{2}$ Tonnen ab, so bleibt für Wagen und Waaren $19\frac{1}{2}$ Tonnen oder 13 Tonnen Waaren und $6\frac{1}{2}$ Tonnen Wagen.

Berechnung des Kohlen-Bedarfs eines Dampfwagens.

Eine Maschine von 10 Pferdekräften transportirt 13 Tonnen Waaren mit einer Geschwindigkeit von 10 englischen Meilen in der Stunde und macht die Fahrt von Liverpool nach Manchester 3mal im Tage; sie durchläuft also ungefähr $3 \times 30 = 90$ Meilen täglich und zieht $13 \times 90 = 1170$ Tonnen Waaren eine Meile weit. Rechnet man $2\frac{1}{2}$ ℔ Kohle für die Stunde und Meile, so erfordert die Maschine an Brennmaterial täglich 2925 ℔ oder jährlich ungefähr 382 Tonnen.

Berechnung der Kraft, welche die am Ende der geneigten Ebene bei Rainhill auf der Eisenbahn von Manchester nach Liverpool aufgestellten Dampfmaschinen nöthig haben.

Die Länge dieser geneigten Ebene ist $1\frac{1}{2}$ Meile und ihre Neigung $\frac{1}{96}$; da nun die Wagen mit einer Geschwindigkeit von 12 Meilen in der Stunde gehen, so brauchen sie $7\frac{1}{2}$ Minuten um die schiefe Ebene zu ersteigen. Der tägliche Kommerz beträgt 2000 Tonnen, welche auf Wagen die 1000 Tonnen wiegen transportirt werden. Die Maschinen, welche während 10 Stunden arbeiten, erheben vom Fusse bis zum Gipfel der Steigung 300 Tonnen in der Stunde oder 50 Tonnen in $7\frac{1}{2}$ Minuten; nehmen wir 52 an.

Multiplizirt man 52 Tonnen oder 116,480 ℔ mit $\frac{1}{96}$ so erhält man für die parallel mit der Neigung der Ebene zerlegte Last . . . 1213 ℔.
und für die Reibung an den Schienen $\frac{1}{180} \times 116{,}480$ ℔ . . 647 »
Zusammen . 1860 »

Die Kunstarbeiten auf Eisenbahnen sind von denen auf gewöhnlichen Strassen nicht verschieden; schneidet eine Eisenbahn eine Strasse, so liegt sie mit derselben entweder in einer Ebene und sie kann darüber hin geführt werden, (man vergleiche die Fig. 22 Taf. VI.); oder die Eisenbahn liegt tiefer oder höher als die Strasse und es wird in diesen beiden Fällen mittels einer Brücke entweder diese über jene hinweggeführt oder umgekehrt. Diese Werke hat man in neuester Zeit im Gegensaz zu ähnlichen, welche beim Kanalbau vorkommen und Aquadukte heissen, Viadukte genannt.

Übertrag	1860 ℔.
für Reibung des Seiles zu $\frac{1}{22}$ seines Gewichtes von 10560 ℔ .	480 »
Relatives Gewicht des Seiles = $\frac{1}{96}$ seines Gewichtes . . .	110 »
	2450 »

Ein Dampfpferd oder vielmehr die Pferdekraft einer Dampfmaschine transportirt nicht mehr als 31 ℔ mit einer Geschwindigkeit von 12 Meilen in der Stunde; also $\frac{2450}{31}$ = ungefähr 30 Pferde.

Sezt man jeder Maschine 10 Pferde als Kräfte in Reserve hinzu, so müssen die beiden Dampfmaschinen eine Kraft von 100 Pferden haben.

Eine Dampfmaschine von 50 Pferde-Kräften kostet ohne Zubehör 1500 Pf. Sterling und mit Zubehör, als Gebäude, Wohnung, Seile, Wasserbehälter etc. 2300 Pf. Sterling. Vergleichende Berechnungen über den Transport mit stehenden und mit beweglichen Dampfmaschinen findet man im 6ten Bande des *Journals du Génie civil*, Seite 265 u. f., aus welchem Werke auch die vorstehenden Angaben gezogen sind.

Zur Vervollständigung der vorstehenden Daten über stehende Dampfmaschinen wollen wir noch bemerken, dass die Maschine mit welcher der 2te Versuch über das Abwickeln des Seiles (m. s. Note 65) angestellt wurde, eine doppelt wirkende Boulton- und Watt'sche Dampfmaschine mit zwei Zylindern von 30″ Durchmesser war. Die Dampfpressung im Kessel betrug $4\frac{1}{2}$ Pfund auf 1 □″. — Sieben beladene Wagen wurden in 550 Sekunden herauf gezogen, wobei die Kolben 320 einfache Hübe zu 5′ machten.

Gleichzeitig zog diese Maschine mit einem, am Ende des Wagenzuges angehängten Seile sieben beladene Wagen von demselben Gewichte eine andere geneigte Ebene herauf, deren Länge 770 Yards und deren Fall $\frac{1}{90}$ betrug.

Dampfpressung auf die Kolben 27567 ℔, welche 160′ durchliefen; mithin 44·107·200 ℔, 1 Fuss.

Gesammter Widerstand 5251 ℔, welcher 2325, durchlief; mithin 12·208·575 ℔, 1 Fuss.

Es wird mithin von dem Dampfdrucke im Kessel 27,7 pro Cent übertragen.

Geschwindigkeit des Kolbens 174′ pro Minute.

Geschwindigkeit der Last 253′ pro Minute. Bei Hochdruckmaschinen üben die Dämpfe auf den Kessel einen Druck von 45 — 50 ℔ pro □″ aus.

Die Kosten der Eisenbahnen im Allgemeinen sind wie jene der Strassen nach den Lokalhindernissen sehr verschieden. Die Tonne gewalztes Stabeisen zu den Schienen der Liverpool-Bahn kostete 13 Pfund-Sterling (156 fl.) und eben so viel kostete auch die Tonne Gusseisen zu den dazu gehörigen Stühlen oder Lagern. Die Kosten von einer englischen Meile eines gut gebauten Schienenweges mit 2 Bahnen betragen im Durchschnitt 5000 Pfund-Sterling und einer einfachen 1000 Pfund-Sterling.

Aus diesen und ähnlichen Angaben lässt sich eine praktische Regel über die Grösse der Kraft einer feststehenden Dampfmaschine für geneigte Ebenen ableiten, wenn damit eine bestimmte Last in einer bestimmten Zeit herauf gezogen werden soll. Wenn nemlich nach dem Vorhergehenden der gesammte Widerstand, der aus dem respektiven Gewichte der bewegten Massen, aus der Reibung der Wagen, des Seiles, der erforderlichen Überkraft um den Wagen die Geschwindigkeit zu geben, besteht, berechnet ist, so muss die Maschine so gross seyn, dass das Moment der Last nur $1/4$ bis $1/3$ von dem des Dampfdruckes im Kessel auf den Kolben beträgt.

Um die Kraft einer Dampfmaschine in Pferdekräften anzugeben, wird, da die Spannung der Dämpfe durch eine Queksilbersäule, über welcher ein Vacuum ist, gemessen wird — die Grundfläche des Kolbens zuerst mit der Last der Quecksilbersäule und dann mit der Geschwindigkeit des Kolbens multiplizirt; — von diesem Momente gehen 40 Procent für unvollständiges Vacuum, Reibung und Nebenlasten verloren, so dass nur 60 Prozent als Nuzeffekt in Rechnung kommen dürfen. Dieser Nuzeffeckt durch das Moment einer Pferdekraft, für bayerisches Maass und Gewicht also mit 500 oder genauer mit 450, dividirt, giebt die Anzahl der Pferde, welche die Kraft einer Dampfmaschine darstellt.

Mittels der vorstehenden Angaben sind wir nun auch in den Stand gesezt, den Effekt eines wirklichen Pferdes mit der des mechanischen Pferdes, nemlich der Pferdekraft, wie sie gewöhnlich bei Damdfmaschinen angewendet wird, zu vergleichen. Das wirkliche Pferd hebt in einer Minute auf die Höhe von ein Fuss eine Last von 19702 ℔ und das mechanische Pferd, nach Boulton und Watt, in derselben Zeit auf dieselbe Höhe eine Last von 33000 ℔. Das wirkliche Pferd verhält sich daher zum mechanischen wie 1: 1,67.

Nach Smeaton ist eine Pferdekraft Statt 33000 ℔ nur 22000 ℔, in der Minute einen Fuss hoch gehoben.

Prony rechnet eine Pferdekraft zu 50 Kilogramm in einer Sekunde 1 Meter hoch gehoben. Navier bemerkt aber, dass dieses zu viel sey, und dass man bei anhaltender Arbeit, z. B. bei Göpeln, an welchen die Pferde täglich arbeiten, nur 40 Killogramm rechnen dürfe.

Nach von Reichenbach und nach Dietlein kann das Moment eines Pferdes in einer Sekunde zu 500 ℔, nach dem Erstern in bayer'schem und nach dem Leztern in preussischem Maass und Gewicht, angenommen werden; dis

Die Unterhaltung wird gewöhnlich in Verding gegeben und für die Meile einer einfachen Bahn jährlich 40 Pfund bezahlt. [67])

giebt also für eine Geschwindigkeit von 2 deutschen Meilen in der Stunde, oder von ungefähr $3\frac{1}{2}'$ in der Sekunde $\frac{500}{3\frac{1}{2}} = 150$ ℔ für die Zugkraft eines Pferdes in bayer'schen oder preussischen Pfunden, wenn es täglich 8 Stunden arbeitet. — Man vergleiche Crelle's *Journal der Baukunst*, 1ter Band, 3tes Heft, S. 303. —

[67]) Da es nicht ohne Interesse seyn dürfte, einen Maassstab zu haben, wonach die Kosten der Erbauung einer Eisenbahn an sich, oder im Vergleich zu den Anlage-Kosten einer gewöhnlichen Kunststrasse, wenn auch nur annäherungsweise, geschäzt werden können, so theilen wir noch aus dem *Journal du Génie civil*, Tom. I, pag. 22, Paris 1828, die Kosten von einer 80 Kilometer langen Eisenbahn zwischen Andrecieux und Roanne mit, da diese Berechnung die vollständigste und genügendste ist, welche uns zu Gesichte kam.

Die Strasse mit 2 Bahnen, jede von $1{,}50^m$, hat 6 Meter Kronenbreite und 2 Meter Gräben.

Der Kostenaufwand wird nach laufenden Metern für die Anlage der Strasse und für die Herstellung der doppelten Eisenbahn berechnet.

Art. 1. — Ankauf des Geländes, . . .	3 Fr.	
Erd-Arbeiten	6 „	
Brücken- und andere Kunst-Arbeiten . .	6 „	
	15 „	
Für 80 Kilometer		1,200,000 Fr.
Art. 2. — Herstellung der Eisenbahn		
56 Kilogramm Schmiedeeisen zu 0,55 Fr. . .	30,80 Fr.	
4 Würfel von Stein zu 2 Fr.	8,00 „	
Lager von Gusseisen 11 Kil. zu 0,47 Fr. . .	5,17 „	
Eichene Pflöcke, Nägel uud Keile	1,90 „	
Legen der Schienen	6,50 „	
Total per lauf. Meter	52,37 „	
Der Kilometer kostet 52370 Fr. also 80 Kilom. . . .		4,189,600 Fr.
Art. 3. — Allgemeine Administrations-Kosten.		
Aufnahme der Pläne, Nivellirungen, Verfassung des Entwurfes, Bureau-Ausgaben, Reisen, Leitung der Arbeiten . .		800,000 Fr.
Art. 4. — Geneigte Ebenen mit feststehenden Maschinen, eine unterirdische Gallerie von ungefähr 1200 Metern, zu 400 Fr. den laufenden Meter, im Verhältnisse zu der Festigkeit des zu durchstechenden Bodens		480,000 Fr.
Art. 5. — Neben-Anstalten.		
Magazine zu Roanne und auf der Linie . .	300,000 Fr.	
Brücke über die Loire	300,000 „	
	600,000 „	
Gesammte Bau-Kosten		7,269,600 Fr.

Über die Erhebung der Zollgebühren und über die Ordnung welche beim Befahren der Eisenbahnen beobachtet wird, bestehen in England eigene, durch das Parlament genehmigte Reglements. In der Abhandlung über Schienenwege in England von

Art. 6. — Materialien, welche zum Transporte nöthig sind.
700 Wägen zu 700 Fr. 490,000 Fr.
Art. 7. 30 Dampfwägen zu 15,000 Fr. . . 450,000 »
Total der Kosten für das Material zum Transporte . . 940.000 Fr.

Total des Aufwandes für Bau- und Transport-Material-Kosten, wenn der Weg mit 2 Bahnen angelegt wird . . 8,209,600 Fr.

Wenn man anfänglich blos eine Bahn mit Ausweichungen von Entfernung zu Entfernug anlegen würde, so würden an Eisen allein wenigstens 2,000,000 Fr. erspart; die Bau- und Material-Transport-Kosten würden demnach auf . 6,209,600 Fr.
$^1/_{10}$ für unvorhergesehene Kosten 620,960 — 820,960 Fr.
6,830,560 — 9,030,560 »

Art. 8. — Interessen der Aktionäre zu 4 pCt. für ihre aufeinander folgende Zahlungen
Während 5 Jahren oder 0,1 des Kapitals 903,056 Fr.
Während 4 Jahren oder 0,08 546,445 Fr.

Gesammt-Summe für die Kosten des Baues, der Anschaffung der Transport-Materialien und für die Interessen für die Länge von 10 Kilometers . 7,377,005 — 9,933,616 Fr.

Jährlicher Aufwand für Unterhaltung und Transport.

Art. 9. — Administrations- und Aufsichts-Kosten nach der Vollendung der Bahn 60,000 Fr.

Art. 10. — Unterhaltungs-Kosten zu $1^1/_2$ pCt. des für den Bau und die Anlage der Strasse erforderlichen Kapitals 100,000 Fr.

Art. 11. — Transport-Kosten.

Der Aufwand für einen Dampfwagen besteht in Folgendem:
Verbrauch von Steinkohlen, 100 Kilog. pr. Stund, für 14 Stunden täglich 1400 Kilog. und für 300 Tage . . 4200 Fr.
Verbrauch an Wasser 12 Tonnen 200 »
Ausbesserungen und Ergänzungen 20 pCt. des Kapitals 3000 »
Ein Maschinist und 2 Gehülfen zu 3000 Fr. - . 3000 »
Oel, Seife, Hanf 600 »
Total des Aufwandes für jeden Dampfwagen . 11000 »
Für die 30 330,000 Fr.

Art. 12. — Unterhaltung der Wagen etc.
Wagen 490,000 Fr.
Krahnen, Wagen etc. 110,000 »
Total 600,000 »
zu 10 pCt. 60.000 Fr.
Total der jährlichen Kosten 550,000 »

Oeinhausen und Dechen, welche im 19ten Bande des Archives für Bergbau und Hüttenwesen, vom Jahre 1829, stehen, befinden sich mehrere dieser Reglements und überhaupt die schäzbarsten Bemerkungen über Eisenbahnen. [68])

Über ihren ökonomischen Effekt in Vergleich zu dem der Strassen und Kanäle werden wir in einer Note beim Kanalbau, (II. Thl. IV. Abth. S. 247.) wenn die erforderlichen Daten auch für diesen geliefert sind, das Wesentlichste nachtragen und

Art. 13. — Interessen des effektiven Kapitals von 10,000,000 zu 4 pCt.	400,000 Fr.
Summe, welche jährlich von dem Gewinn zu decken ist	95,000 „
Wollte man eine Dividende von 6 pCt. für die 10 Millionen erhalten, so müssen zu obiger Summe von	950,000 „
noch	600,000 „
hinzugesezt werden.	
Total der Einkünfte damit die Kapitalien 10 pCt. tragen	1,550,000 „

Da nun der Tarif zu $14\frac{1}{2}$ Centims für die Tonne und den Kilometer abwärts und $17\frac{1}{2}$ aufwärts festgesezt ist, und nehmen wir an, dass die aufwärtsgehende Last, zu der abwärtsgehenden sich wie 1 : 5 verhalte, so ist der mittlere Tarif 15 Centims für die Tonne und den Kilometer oder 12 Fr. für die 80 Kilometer zwischen Roane und Andrezieux. Die nöthige Anzahl von Tonnen muss demnach seyn $\frac{1550000}{12} = 129167$; demnach sichert ein Transport von 129167 Tonnen den Aktionären ein Einkommen von 10 Prozent.

Diese ausführliche Anzeige über die Berechnung des Aufwands und des Ertrages einer Eisenbahn möchte vielleicht von Manchem als überflüssig und hier als nicht am rechten Orte stehend, angesehen werden; allein abgesehen davon, dass sie manche interessante, noch nicht angeführte Details enthält, kann sie zugleich als Beispiel gelten, wie diese und ähnliche Rechnungen von den auf Aktien unternommenen Bauten, als Eisenbahnen, Kanälen, Brücken u. s. w. angestellt werden.

Detaillirte Berechnungen über die Kosten der Eisenbahnen enthalten auch Navier's *Établissement d'un Chemin de fer entre Paris et le Havre*, Paris etc. und Gerstner in seiner Schrift: *Über die Vortheile der Anlage einer Eisenbahn zwischen der Donau und Moldau*, Wien 1824, und in einer späteren Brochüre in 4° unter demselben Titel, Wien 1829. —

[68]) In den durch eine Parlaments - Akte genehmigten *Reglements über die Ausführung und Benüzuug einer Eisenbahn* sind nicht nur die desshalb im Allgemeinen, und die über Erhebung der Zollgebühren insbesondere nöthigen Bestimmungen enthalten, sondern diese Reglements sezen auch die beim Befahren der Bahn stattfinden sollende Ordnung und die Strafen fest, wenn dieselbe nicht beobachtet wird. Als Beispiele führen wir nur folgende an: jeder Wagenführer, welcher vernachlässigt, über den Schienenweg gemachte

üben die Vortheile dieser 3 Systeme der Komunikation einige Bemerkungen beifügen. Übrigens müssen wir gleich hier bemerken, dass im Allgemeinen, keinem dieser Systeme der Vorzug vor dem andern eingeräumt werden darf, da, wie die geachtesten Schriftsteller einhellig erklären, dieser stets durch Lokal- und andere besondere Verhältnisse bedingt wird.

Thüren, die er passirt zu schliessen; oder welcher sich von seinen Pferden Wagen oder Dampfmaschinen entfernt, oder der an seinen Wagen nicht eine zweckmässige Bremse hat, die Schnelligkeit derselben zu reguliren, u. s. w. verfällt in eine Strafe nicht über 2 Pfund.

Ferner heisst es in Bezug auf das Nehmen der Ausweichungen:

Jeder, der mit leerem Wagen auf dem Schienenwege fahrend, verweigert, bei der Annäherung beladener Wagen oder Dampfwagen, die Ausweichung zu nehmen, verfällt in eine Strafe nicht über 10 Schilling. Kutscher mit Passagieren oder Dampfwagen haben nur eine Ausweichung zu nehmen, wenn sie einem Dampfwagen oder einem beladenen Zuge von Wagen begegnen. u. s. w.

Der Zolltarif für den Stackton- und Darlington-Schienenweg ist pro Tonne und Meile folgender:

für Kohlen, rohes Erz, Steine, Kalk, Ziegel, Mist u. s. w.	1½	Pence,
für Stab- und Gusseisen, Zimmerholz, Dielen und Akrikulturprodukte	2	»
für alle Kaufmannsgüter und Waaren	2½	»
für alle benannte Artikel, welche eine feststehende Dampfmaschine auf der geneigten Ebene passiren	6	»
für das Geschirr nnd den Gebrauch der Wagen der Kompagnie in allen Fällen	½	»

Reisende zahlen per Meile 1 Pence oder 3 kr. rheinisch.

I. Tafel;

zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit der Steine.

(Nach Röder.)

Steingattungen.	Spezifisches Gewicht.	Mittlere Last aus mehreren Versuchen auf 1 rhein. Quadratzoll, welche den Stein zerdrückte.
		Berliner Pfund
I. Gauthey's und Rondelet's Versuche.		
Basalt	2,820	22638
Porphyr	2,798	26261
Granit	2,651	9224
Schwarzer Marmor	2,720	7824
Weisser Marmor	2,691	3906
Weisser harter Sandstein (grès)	2,496	11398
Blätteriger Kalkstein (Cliquart)	2,493	5500
Körniger Kalkstein (Liais)	2,292	4143
Muschelkalk (roche)	2,207	2772
Lava	2,179	5258
Tuffstein	1,251	555
Kalkstein von der Brücke zu Neuilly	2,408	1855
II. Quantin's Versuche nach Eytelwein.		
Sandstein	2,185	2631
Ziegelstein	1,818	1124
III. v. Wiebeking's Versuche.		
Röthlicher, eisenhaltiger Sandstein v. Neubayern	2,909	6841
Gelber Sandstein, ebendaher	2,890	2125
Murnauer Sandstein	2,800	2005
Tuffstein, härteste Gattung	2,000	1785
Nagelflue von Glarnisch	2,090	1537
Kalkstein von Lengries	2,900	6416

Bemerkung. Die Versuche No. I wurden mit Würfeln von 2 Zoll Seite, die Versuche No. II mit kleinen Stein-Körpern von einigen Zollen, und die Versuche No. III mit Würfeln von 3 bis 6 Zoll Seite angestellt.

II. Tafel;

zur Bestimmung der rückwirkenden Festigkeit der Steine, nach M. G. Rennie.

Bezeichnung der Steine.	Spezifisches Gewicht.	Gewicht, welches das Zerdrücken hervorbrachte,
		Pfunde (avoir du poids)
Granite.		
Blauer Granit von Aberdeen	2,625	24556
Granit mit dichtem Korn von Peterhead . . .	——	18636
Granit von Cornouailles	2,662	14302
Kieselige Steine.		
Kieseliger Stein von Dundee	2,530	14918
Kieseliger Stein von Braumlfall, bei Leyden, parallel oder senkrecht mit den Schichten . .	2,506	13632
Kieseliger Stein von Derby, roth und zerreiblich	2,316	7070
Kalkige Steine.		
Weisser, italienischer Marmor, geadert	2,726	21783
Weisser Marmor von Brabant	2,697	20742
Schwarzer, kompakter Kalkstein von Limerik .	2,598	19924
Rother Marmor von Devonshire	——	16712
Stein von Portland, von feinem, gleichen Korn (der Würfel hatte 2 Zoll Seite)	2,423	14918
Idem, (der Würfel hatte $1\frac{1}{2}$ Zoll Seite) . . .	2,428	10284
Ziegelsteine.		
Ziegelstein von Stourbridge	——	3864
Ziegelstein von Hammersmith	——	2254
Idem, verbrannt	——	3243
Rother Ziegelstein, Mittel aus 2 Versuchen . .	2,168	1817
Blassrother Ziegelstein	2,085	1263
Kalk	——	1127

Diese Versuche wurden mit kleinen Würfeln von $1\frac{1}{2}$ engl. Zoll Seite angestellt.

III. Tafel;

Shmirke's d. J. und Brahmah's Versuche über die Tragkraft mehrerer in England vorkommenden Bausteine.

	Bruch-Belastung auf ein □ Zoll. Pfund.
Feinkörniger Kieselsandstein (Portlandstein)	1121
Grüner Serpentin, von Cornwallis	1121
Kalkerdehaltiger Kalkerdestein, von Ferri Bridge in der Grafschaft York	1149
Kalkerdiger Sandstein (Kettonstein)	1272
Feinkörniger, kalkartiger Kieselsandstein (Bathstein) . .	1287
Gemeiner, kompacter Gypsstein, von Nottingham . . .	1479
Alabaster, von Nottingham	1489
Versteinerungen enthaltender Kalkstein, von Mattlok in der Grafschaft Derby	2764
Feinkörniger Granit, von Cornwallis	2967
Urkalkstein .	2989
Blauer Marmor, von Castleton in der Grafschaft Derby .	3124
Kieselsandstein (Purbeckstein)	3452
Carara-Marmor	3787
Grüner Basalt, vom Riesendamm in Irland	4427
Schwarzer Basalt, von Staffa	4989
Hydraulischer Mörtel (Parker's oder Roman-Cement, 3 Jahre alt)	1237 1242 1251

Bemerkung. Die Versuche wurden mittels der hydraulischen Presse angestellt.

IV. Tafel;

Tredgold's Versuche über die Biegsamkeit der Steine.

Brauner Kieselsandstein.					
Gewicht	Niederdrückung	Gewicht	Niederdrückung.	Gewicht	Niederdrückung
10 Pfund	,01 Zoll	50 Pfund	,025 Zoll	80 Pfund	,032 Zoll
20 —	,015 —	60 —	,0275 —	90 —	,035 —
30 —	,02 —	70 —	,03 —	100 —	,037 — und gebrochen.
40 —	,022 —				

Bemerkung. Dieser Versuch war sehr gut, da man schon durch mehrere vorausgegangene Prüfungen das Gewicht beinahe wusste, welches er zu tragen vermag, und daher gegen das Ende die Gewichte mit mehr Vorsicht auflegte.

Das spezifische Gewicht des Steines war 2,113, und er verschlingt 1/16 seines Gewichtes an Wasser. Das Gefüge war regelmässig ohne scheinbaren Fehler. Die Länge zwischen den Stüzen war 24 Zoll, die Breite 2 Zoll und die Dicke 1,45 Zoll.

V. Tafel;

Tredgold's Versuche über die Biegsamkeit der Steine.

Weisser Kieselsandstein.					
Gewicht	Niederdrückung	Gewicht	Niederdrückung	Gewicht	Niederdrückung
20 Pfund	,015 Zoll	50 Pfund	,025	80 Pfund	,045
30 —	,02 —	60 —	,03	90 —	,05
40 —	,022 —	70 —	,038	92 —	gebrochen.

Das spezifische Gewicht dieses sehr biegsamen Steines war 2,212 und er verschlingt $^1/_{207}$ seines Gewichtes Wasser. Das Gefüge war regelmässig, mit kleinen eingesprengten Glimmerblättchen. Die Entfernung war 18 Zoll, die Breite 1,45, die Dicke 1,525 Zoll.

VI. Tafel;

Tredgold's Versuche zur Erlangung von Daten, um darnach die Seitenstärke der Steine berechnen zu können.

Arten der Sandsteine	Entfernung zwischen den Stützen.	Breite (in Zahlen.)	Dicke (in Zahlen.)	Gewicht, welches den Stein brach.	Gewicht eines Kubikfusses
1	14 Zoll	1,45	1,5	414 Pfund	163,8 Pfund
2	14 —	1,55	1,55	137 —	147,6 —
3	14 —	1,55	1,5	123 —	134,8 —
4	9 —	1,525	1,45	160 —	138,25 —
5	7 —	1,55	1,55	233 —	
6	12 —	2,07	1,55	270 —	132 —
7	5,5 —	1,10	1,0	68 —	123,4 —

Bemerkung. Sandstein No. 1. — Das untersuchte Stück war von höherer Güte, als die gewöhnlichen Steine aus dem Bruche, sowohl in Hinsicht der Feinheit der Textur, als der Dichtigkeit. Sein spezifisches Gewicht war 2,621, und er verdichtete nur $^1/_{111}$ seines Gewichtes Wasser.

Sandstein No. 2. — Das spezifische Gewicht desselben war 2,392, er sog $^1/_{63}$ seines Gewichtes Wasser ein.

Sandstein No. 3 — war mehr blätterig.

Sandstein No. 4 — hatte ein grösseres Gefüge; das Stück war 7 Zoll lang.

Ein anderes Stück No. 5.

Die Stücke Portland-Sandstein No. 6 und der Bathstein No. 7 (kalkartiger Kieselsandstein) waren in ihrer Art gut, und so wie man sie gewöhnlich zu London gebraucht.

Alle Stücke, mit Ausnahme einer Steinart, wurden mit ihrem natürlichen Lager horizontal gelegt.

VII. Tafel;

Ordnung der Härte verschiedener Arten Sandsteine.

Bemerkung. Die hier mit Ziffern bezeichneten Steinarten sind dieselben, welche auf Tafel III angeführt sind.

Stein-Arten.	Cohäsions-Kraft eines □ Zolles.	Gewicht des Modulus der Elasticität eines □ Zolles.	Höhe des Modulus der Elasticität.	Ausdehnbarkeit.	Spezifisches Gewicht.	Gewicht des eingesogenen Wassers, den Stein als Einheit.	Ordnung nach der Härte.
	Pfund	Pfund					
1.	1,811	2,513,000	2,109,000	1/1394	2,706	1/1300	3
	2,020	1,910,000	1,591,000	1/809			
	2,197	1,800,000	1,500,000	1/128			
2.	857	1,152,000	1,256,000	1/1789	2,113	1/16	2
	976	. . .	. . .	. . .	. . .		
3.	734	569,000	593,000	1/700	2,212	1/267	5
	675	. . .	. . .	. . .			-
	656	. . .	. . .	. . .			
4.	2,661	. . .	. . .	. . .	2,621	1/511	4
5.	772	. . .	. . .	. . .	2,262	1/63	5
6.	740	. . .	. . .	. . .	2,155	. . .	5
7.	478	. . .	. . .	. . .	1,975	1/13	1

VIII. Tafel.

Nummer der Versuche	Vortrag.	Quantität der Substanzen	Specifisches Gewicht	Gewicht, von einer Oberfläche von 4 Zoll getragen.
		Theile		Pfunde.
1.	Flusssand	3	1,623	1866
	Kalkbrei	2		
2.	Derselbe Mörtel gepresst	. .	1,893	2552
3.	Grubensand	3	1,588	2475
	Kalkbrei	2		
4.	Derselbe Mörtel gepresst	. .	1,903	3420
5.	Cement aus Ziegelstücken	3	1,457	2896
	Kalkbrei	2		
6.	Derselbe Mörtel gepresst	. .	1,663	3970
7.	Cement aus Ziegelstücken	2	1,503	2645
	Grubensand	1		
	Kalkbrei	2		
8.	Derselbe Mörtel gepresst	. .	1,734	3762
9.	Gepulverte Kieselerde	3	1,681	1783
	Kalkbrei	2		
14.	Römische Puzzolane	3	1,320	2090
	Kalkbrei	2		
15.	Derselbe Mörtel gepresst	. .	1,442	2728
18.	Puzzolane von Neapel	3	1,284	1844
	Kalkbrei	2		
19.	Derselbe Mörtel gepresst	. .	1,394	2360
32.	Alter Mörtel von Puzzolane-Überzug einer alten Wasserleitung bei Rom	. .	1,549	4664
33.	Alter Mörtel von einer Wasserleitung bei Lyon	. .	2,028	4738
39.	Mörtel von der Bastille in Paris	. .	1,487	2258
43.	Loriot'scher Mörtel	. .	1,472	1592
44.	La-Faye'scher Mörtel	. .	1,592	1664
46.	Gypsmörtel, mit Kalkmilch angemacht	. .	1,115	3242

IX. Tafel.

Nummer der Versuche.	Vortrag.	Nöthige Kraft um die Trennung zu bewirken.
		Pfund.
1.	Zwei mit Sandstein abgeschliffene Werkstücke	64
2.	Dieselben Steine mit minder anliegenden Oberflächen	70
3.	Stein von Arcueil	72
4.	Stein von Conflence	108
5.	Mühlstein	123
6.	Backstein von Burgund	138
7.	Ziegelstück	141
Dieselben Versuche wiederholt, indem die Substanzen mit Gyps verbunden waren.		
obige 2.	Werkstücke	124
3.	Stein von Arcueil	127
4.	Stein von Conflence	168
5.	Mühlstein	189
6.	Backstein von Burgund	201

X. Tafel;

zur Bestimmung der Umfänge oder Durchmesser der Fichten, Tannen, Buchen, Föhren und Lärchen bei verschiedenen, bekannten Höhen der Stämme.

bei der Höhe	Verhältnisszahlen der Umfänge und Durchmesser für Bäume von 45	50	60	70	80	90	100	110	120
Fuss	Fuss, ganze Stammlänge, vom Stocke bis zum Wipfel-Ende.								
	1. Fichten.								
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,82	0,84	0,88	0,90	0,91	0,93	0,93	0,94	0,95
30	0,50	0,59	0,70	0,76	0,81	0,83	0,85	0,87	0,88
45	0	0,14	0,41	0,57	0,65	0,72	0,76	0,79	0,81
50	—	0	0,28	0,48	0,59	0,67	0,72	0,76	0,79
70	—	—	—	0	0,24	0,40	0,51	0,59	0,65
90	—	—	—	—	—	0	0,20	0,36	0,46
110	—	—	—	—	—	—	—	0	0,19
120	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Stamm	0,693	0,694	0,697	0,700	0,703	0,706	0,709	0,711	0,713
	2. Tannen und Buchen.								
5	1,00	1,00	1,00	1.00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,89	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95
30	0,57	0,66	0,77	0,84	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91
45	0	0,13	0,47	0,63	0,72	0,78	0,83	0,85	0,87
50	—	0	0,32	0,54	0,66	0,73	0,79	0,82	0,85
70	—	—	—	0	0,27	0,46	0,58	0,65	0,71
90	—	—	—	—	—	0	0,24	0,41	0,52
110	—	—	—	—	—	—	—	0	0,23
120	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Stamm	0,737	0,737	0,738	0,739	0,740	0,741	0,742	0,743	0,743
	3. Föhren und Lärchen.								
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,78	0,80	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
30	0,52	0,58	0,67	0,73	0,76	0,79	0,81	0,83	0,84
45	0	0,14	0,44	0,57	0,63	0,68	0,72	0,74	0,76
50	—	0	0,32	0,50	0,58	0,64	0,68	0,72	0,74
70	—	—	—	0	0,27	0,43	0,53	0,58	0,63
90	—	—	—	—	—	0	0,25	0,39	0,48
110	—	—	—	—	—	—	—	0	0,23
120	—	—	—	—	—	—	—	—	0
Stamm	0,684	0,685	0,686	0,687	0,688	0,689	0,690	0,691	0,692

XI. Tafel.

Buffon's Versuche über horizontal liegende und in der Mitte belastete frisch gefällte Eichenhölzer.

Gevierte der Stücke.	Länge der Stücke.	Gewicht der Stücke.	Last in der Mitte welche brach.	Pfeil im Augenblick des Bruches,	
Zoll.	Fuss.	Pfund.	Pfund.	Zoll.	Lin.
4	7	58	5312	4	0
	8	66	4550	4	2
	9	74	4025	5	2
	10	83	3612	6	2
	12	99	2987	7	0
5	7	92	11525	2	6
	8	101	9787	2	9
	9	116	8308	3	3
	10	130	7125	3	10
	12	155	6075	5	8
	14	177	5300	8	1
	16	207	4350	8	1
	18	232	3700	8	1
	20	261	3225	9	5
	22	281	2975	11	3
	24	309	2162	12	3
	28	362	1775	20	0
6	7	127	18950		
	8	148	15525	2	5
	9	165	13150	2	8
6	10	187	11250	3	3
	12	223	9100	4	1
	14	255	7475	4	4
	16	293	6362	5	8
	18	333	5562	7	11
	20	376	4950	9	2
7	8	203	26050	2	8
	9	226	22350	3	0
	10	253	19475	2	10
	12	302	16175	3	2
	14	351	13225	3	11
	16	505	11000	5	0
	18	452	9245	5	8
	20	503	8375	8	2
8	10	331	27750	2	8
	12	396	23450	3	0
	14	460	19775	3	6
	16	526	16375	4	6
	18	594	13200	4	3
	20	662	11487	6	3

XII. Tafel.

Girard's Versuche über vertikal stehende und an ihrem oberen Ende belastete Eichenhölzer.

Länge der Stücke.	Breite der Stücke.	Dicke der Stücke.	Pfeil der ersten beobachteten Einbiegung.	Last, welche die erste Einbiegung bewirkte.	Last, welche den Bruch bewirkte.
Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Kilogramm.	Kilogramm.
2.6	0,158	0.128	0,0068	17321	
2.6	0,162	0.106	0,0056	11994	42514
2,6	0.158	0.102		11992	
2,6	0.133	0,099	0,0079	11993	
2,6	0.131	0.106	0.0068	11997	22931
2,27	0.156	0,131	0,0028	22939	
2,27	0,158	0,129		17317	
2,27	0,156	0.104	0,0062	17320	33120
2,27	0,158	0.102	0,0068	17322	28626
2,27	0,126	0,102	0.0079	11999	
1,95	0,156	0,133	0,0079	17322	
1,95	0,158	0,102	0.0056	17321	
1,95	0,160	0,102	0,0045	11974	32997
1,95	0.133	0,106	0,0056	17295	
1,95	0.129	0,108	0,0056	11998	
2,27	0,158	0,108	0.0029	11999	
2,6	0,158	0,135	0,0051	11999	37305
2,6	0,158	0,131	0,0045	11997	
2,6	0,187	0,158	0,0023	11998	
2,6	0,189	0,158	0,0023	11998	

XIII. Tafel;

Rennie's Versuche über das Zerdrücken von Gusseisen.

Bezeichnung der Würfel.	Spezifisches Gewicht.	Seite der quadratischen Basis.	Höhe	Gewicht, welches das Zerdrücken bewirkt.
		Zoll, engl.	Zoll, engl.	Pfunde. (avoir du poida.)
Eisen aus der Mitte einer grossen Masse gezogen . . .	7,033	1/8	1/8	1440
Idem	7,033	1/4	1/4	9773
Würfel aus horizontal gegossenen Stäben	7,113	1/4	1/4	10114
Würfel aus vertikal gegossenen Stäben	7,074	1/4	1/4	11137
Würfel von verschiedener Höhe aus horizontal gegossenem Eisen	—	1/4	1/2	9449
			3/4	8362
			1	6321
Idem von vertikal gegossenem Eisen	—	1/4	1/2	9328
			3/4	7896
			1	6430

XIV. Tafel.

Rondelet's Versuche über das Zerbrechen horizontal liegender Stangen von Gusseisen.

Bezeichnung des Gusseisens.	Entfernung der Stüzpunkte.	Last in der Mitte, welche bricht.	Mittlere Last.	Senkung im Augenblick des Bruches.
	Zoll.	Pfund.	Pfund.	Linien.
Graues Gusseisen	42	450	450	6,25
Idem		450		6,75
Zartes Gusseisen	42	650	656	15,75
Idem		1062		14,—
Idem		350		4,25
Idem		361		10,5
Graues Gusseisen	21	540	795	1
Idem		1050		2
Zartes Gusseisen	21	1650	1461	5,25
Idem		1272		2

XV. Tafel.

Resultate der von Séguin, d. ä. über das Zerreissen von Schmiedeeisen angestellten Versuche.

Bezeichnung der Eisenarten.	Breite der Stücke.	Dicke der Stücke.	Gewicht, welches den Bruch bewirkte.	Gewicht, welches 1 □ Millimeter trägt.
	Millim.	Millim.	Kilogr.	Kilogr.
Gewalztes Eisen von St. Charmond	16	8	5611	43,8
Idem	10	8	4133	51,7
Idem, von 0,01ᵐ Durchmesser . .	—	—	3743	48,0
Eisen von Bourgogne	13	13	5226	30,4
Idem, bis zum Rothglühen erhizt und langsam erkaltet	13,5	13, 5	5435	29,7
Idem, in der Mittte zerschnitten, mit den Enden zusammengelöthet ohne zu strecken	13,3	13,3	5280	29,7
Idem, in der Mitte zerschnitten, und gestreckt	10,15	10,15	5688	55,2
Idem, mehr gestreckt als das vorige, ohne Löthung	4,5	4,5	1238	61,0
Bandeisen, sehr weich (?) . . .	20,3	1,7	1541	44,7

XVI. Tafel.

Dileau's Versuche über die Biegung schmiedeeiserner Stäbe.

Bezeichnung des Schmiedeeisens.	Abstand der Unterlagen.	Breite.	Höhe.	Biegung in der Mitte.	Aufgelegtes Gewicht.
	Meter.	Millim.	Millim.	Millimeter.	Kilogr.
Eisen von Perigord, so wie man es in der Schmiede fand	2	45	12	54	45
Eisen von Perigord . .	2	40	11,5	52,5	25
Idem	3	60	20	33	50
Idem	2	11,5	40	15,03	90
Eisen von Perigord, so wie man es in der Schmiede fand	3	77	14	72	50
Eisen von Perigord . .	3	15	25	70	50

XVII. Tafel.

Resultat der von Séguin, d. ä., über das Zerreissen des Eisendrathes angestellten Versuche.

Bezeichnung der Dräthe.	Durch-Messer.	Gewicht, welches den Bruch bewirkte.	Gewicht, welches 1 □ Millimeter trug.
	Millimeter.	Kilogr.	Kilogr.
Eisendrath von Bourgogne, No. 8, ungleich, nochmals geglüht	1,172	41,30	38,2
Idem, No. 7, gleich geglüht	1,062	31,40	36,1
Idem, No. 18, nicht wieder geglüht	3,366	505,60	56,8
Idem, No. 7, nicht wieder geglüht	1,062	65,50	73,7
Dräthe aus einer Manufaktur von Besançon			
No. 1, weich	0,618	25,96	86,1
No. 3, zerbrechlich	0,732	34,12	80,8
No. 5, sehr zerbrechlich	0,911	47,25	72,3
No. 7	1,08	65,25	71,2
No. 9, ziemlich zerbrechlich	1,293	91,74	69,8
No. 11, sehr weich	1,476	100,25	58,6
No. 13	1,800	145,50	57,2
No. 15	2,226	202	51,9
No. 17, brüchig	2,695	389	68,1
No. 18	3,087	617	84,0
No. 19	3,492	750	78,2
No. 21	4,812	1138	62,5
No. 23, weich	5,942	1738,5	62,6

XVIII. Tafel;

über das Maass der absoluten Festigkeit mehrerer Materialien.

(Nach Eytelwein.)

Bezeichnung der Materialien.	Absolute Festigkeit in Berliner Pfunden auf 1 rhein. □ Zoll.
Blei, englisches, gegossen	913
Buchenholz, (Rothbuchen)	22360
Eichenholz, (Sommereichen) vom Kerne	26600
Eichenholz, zwischen Kern und Splint	21940
Eichenholz, vom Splint	14760
Eichenholz, (Steineichen)	22120
Eisen, deutsches, gegossen	70433
Eisen, deutsches, gutes, geschmiedet	78050
Erlenholz	24740
Kiefernholz, vom Kerne	21400
Kiefernholz, vom Kerne, harzig	16160
Kiefernholz, vom Splint	18320
Mauerziegel	290
Stahl, bester, biegsamer	125510
Stahl, bester, gehärtet	118120
Seile, von Hanf gedreht	9000
Tannenholz, (Rothtanne)	10920
Tannenholz, (Weisstanne)	15400
Weissbuche	20400

XIX. Tafel;

über die Höhen des scheinbaren Horizontes über den wahren, und über die durch die Refraction verursachten Senkungen für die Entfernung von 20 bis 10000 Meter.

Entfernung in Meter	Erhöhung des scheinbaren Horizontes über den wahren	Senkung, verursacht durch die Refraction	Überschuss des scheinbaren Horizontes über den wahren, mit Rücksicht auf die Senkung durch die Refraction
0	0,0000	0,0000	0,0000
20	0,0000	0,0000	0,0000
40	0,0001	0,0000	0,0001
60	0,0003	0,0000	0,0002
80	0,0005	0,0001	0,0004
100	0,0008	0,0001	0,0007
120	0,0011	0,0002	0,0009
140	0,0015	0,0002	0.0013
160	0,0020	0,0003	0,0017
180	0,0025	0,0004	0,0021
200	0,0031	0,0005	0,0026
300	0,0071	0,0011	0,0059
400	0.0126	0,0020	0,0106
500	0,0196	0,0031	0,0165
600	0,0283	0,0045	0,0237
700	0,0385	0,0062	0,0323
800	0,0503	0,0080	0,0422
900	0,0636	0,0102	0,0534
1000	0,0785	0,0126	0,0660
1100	0,0950	0,0152	0,0798
1200	0,1131	0,0187	0,0982
1300	0,1327	0,0212	0,1115
1400	0,1539	0,0246	0,1293
1500	0,1767	0,0283	0,1484
1600	0,2011	0,0322	0,1689
1700	0,2270	0,0363	0,1907
1800	0,2545	0,0407	0,2137
1900	0,2835	0,0454	0,2382
2000	0,3142	0,0503	0,2639
2500	0,4909	0,0785	0,4123
3000	0,7069	0,1131	0,5938
3500	0,9621	0,1539	0,8082
4000	1,2566	0,2011	1,0556
4500	1,5904	0,2545	1,3360
5000	1,9635	0,3142	1,6493
5500	2,3758	0,3801	1,9957
6000	2,8274	0,4524	2,3750
6500	3,3183	0,5309	2,7874
7000	3,8484	0,6157	3,2327
7500	4,4179	0,7069	3,7110
8000	5,0265	0,8042	4,2223
8500	5,6745	0,9079	4,7666
9000	6,3617	1,0179	5,3438
9500	7,0882	1,1341	5,9541
10000	7,8540	1,2566	6,5973

XX. Tafel.

Spezifische und absolute Gewichte einiger Bau-Materialien *).

Material.	Spezifisches Gewicht	Ein bayer. Kubikfuss wiegt in bay. ℔.	Material.	Spezifisches Gewicht	Ein bayer. Kubikfuss wiegt in bay. ℔.
Wasser, destillirtes .	1,00	44,30	Lehm, fetter . . .	1,60	70,88
Schmiedeeisen . . .	7,55	314,00	Gartenerde, fette . .	1,62	71,78
Gusseisen	7,04	312,00	Erde, magere, lockere	1,33	58,91
Stahl, englischer . .	7,83	346,86	Thon, gemeiner . .	1,89	83,72
Gussmessing . . .	8,39	371,67	Lehm, gehärteter . .	1,51	66,89
Zinn	7,29	322,94	Eichenholz, frisches .	1,17	50,83
Blei	11,35	502,80	— —, dürres . .	0,60	27,00
Kalkstein an der Isar	2,70	120,00	Lerchenholz, frisches	0,94	42,00
Gebrannter Kalk . .	0,95	41,50	— —, dürres . .	0,60	29,24
Gypsstein	2,16	95,08	Kiefernholz, frisches .	0,90	40,00
Marmor von Tegernsee	2,77	123,00	— —, dürres . .	0,47	21,00
Ziegelsteine, feste .	1,61	71,47	Fichtenholz, frisches	0,88	39,00
Sandstein gewöhnlicher	2,34	104,00	— —, dürres . .	0,45	20,00
Tuffstein, harter . .	2,00	88,60	Tannenholz, frisches	0,92	41,00
Nagelflue	2,09	92,58	— —, dürres . .	0,45	20,00
Sand	1,63	73,53	Pech	1,14	50,00

*) Aus des Herrn Baurathes C. Panzer: Preis-Verzeichniss zur Herstellung verlässiger Kostenanschläge für Strassen-, Brücken- und Wasserbauten, so wie auch für Hochgebäude. München bei J. Lindauer.

XXI. Tafel;

zur Vergleichung mehrerer Fussmaasse u. Gewichte.

I. Fussmaasse.

	Meter		Meter.
Baden, ein Fuss ist	0,3000	Rheinländischer Fuss . . .	0,3138
Bayern	0,2919	Rheinbayern	0,3333
Preussen	0,3139	Russland	0,5382
England	0,3048	Speier	0,2890
Frankfurt a. M.	0,2864	Wien	0,3161
Paris	0,3248	Würtemberg	0,2865
Nürnberg	0,3043	Schweden	0,2971

II. Gewichte.

	Kilogr.		Kilogr.
Amsterdam, ein Pfund ist . .	0,4942	Hamburg	0,4846
Baden	0,5000	Köln	0,4677
Bayern	0,5617	Leipzig	0,4671
Preussen	0,4686	Nürnberg	0,5096
England (avoir du poids) . .	0,4339	Rheinbayern	1,0000
Frankfurt a. M.	0,4673	Wien	0,5603
Frankreich	0,4895	Würtemberg	0,4677

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Sganzin, Joseph M.

Grundsätze der Strassen-, Brücken-, Kanal- und Hafen-Baukunde in zwei Theilen, mit 13 Steindruck-Tafeln

Bd.: 1

Regensburg 1832

BHS IV 330-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708623-0